
Эврика
Заглянем
в будущее

Сборник

ЗАГЛЯНЕМ В БУДУЩЕЕ

Издательство ЦК ВЛКСМ
«Молодая гвардия»
1974

001
З—14

Составитель В. ФЕДЧЕНКО

З—14 **Заглянем** в будущее. Сборник. М., «Молодая гвардия», 1974.

256 с. с ил. (Эврика). 100 000 экз.

Видные ученые рассказывают о том, какими будут на рубеже XX—XXI веков энергетика и производство, транспорт и связь, какие появятся новые материалы и вещества и какой будет окружающая среда.

001

З $\frac{60200-144}{078(02)-74}$ 107—74

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ

Попытки создания картины общества, его экономики и состояния материально-технической базы в достаточно отдаленном будущем могут претендовать на достоверность только в том случае, если составляемые прогнозы базируются на прочной основе фундаментальных научных знаний.

В настоящее время в отечественной и зарубежной литературе больше всего рассматриваются прогнозы технического прогресса, получившего в последние годы невиданные до сего масштабы и темпы развития. Причем, если буржуазные ученые рассматривают происходящую в мире научно-техническую революцию преимущественно с естественнонаучной и технологической стороны, отрывая ее от социальных последствий, то марксизм-ленинизм рассматривает ее в самой тесной связи с социальным прогрессом. Эта связь, определяя в конечном итоге основные социальные задачи технического прогресса, вытекает из характера взаимодействия производительных сил и производственных отношений.

Так, рассматривая промышленную революцию конца XVIII — начала XIX века, К. Маркс установил, что движущей силой ее и стимулом являлась объективная необходимость подведения под капиталистический способ производства соответствующей ему основы в виде крупного машинного производства. Поэтому содержанием промышленно-технического переворота явилось не только существенное изменение всего производства и общего уровня промышленного развития, но и переворот в производственных отношениях, приведший к победе капитализма над феодализмом. В. И. Ленин, исследуя социально-экономическое развитие современного капитализма, показал, что дальнейший технический прогресс, создавший возможность расширения масштабов производства, обусловил возникновение крупных монополий и превращение капитализма свободной конкуренции в монополистический капитализм.

Огромное социальное значение научно-технической революции в условиях развитого социалистического общества, как указал XXIV съезд КПСС, определяется прежде всего тем, что прогресс науки и техники является главным рычагом создания материально-технической базы коммунизма. Прогресс в развитии производительных сил сначала развитого социалистического общества, а затем коммунизма связан в основном с внедрением все более совершенной крупной машинной техники, максимально использующей автоматизированные системы управления и приводящей в конечном итоге к переходу на комплексные автоматические системы, осуществляющие весь цикл технологических процессов.

Такая техническая база, адекватная коммунистическим производственным отношениям, базирующимся на свободном, творческом труде всех членов общества, позволяет преодолеть еще имеющиеся различия между умственным и физическим трудом, между промышленным и сельскохозяйственным производством.

В. И. Ленин указывал, что залогом победы любой общественно-исторической формации является в конечном счете достижение более высокой производительности труда. Поэтому при всем обилии частных задач, вытекающих из многочисленных направлений технического прогресса, и связанных с ними направлений человече-

ской деятельности главной задачей и социальной функцией научно-технической революции является достижение такого уровня и темпов роста производительности труда, который соответствовал бы возрастающим матёриальным и культурным потребностям социалистического, а затем и коммунистического общества.

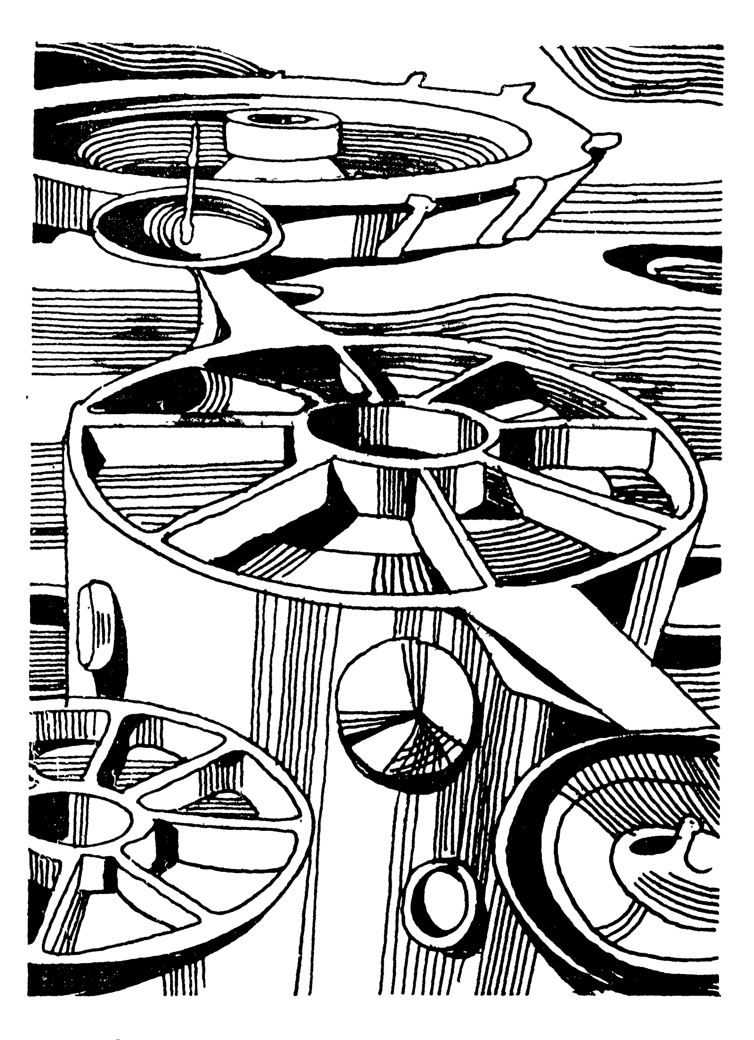
Вот почему социалистическое общество кровно заинтересовано в высоких темпах роста производства. Именно на этой основе решается задача удовлетворения материальных и духовных потребностей трудящихся.

В сборнике сделана попытка заглянуть в глубь предстоящих десятилетий и посмотреть, в каких условиях будут трудиться тогда люди, какова будет их жизнь.

Но жизнь многогранна. Одно перечисление всех ее аспектов и сторон заняло бы многие и многие страницы. Описать же их в одной книге просто невозможно. Надо было остановиться на нескольких. Каких? Да на тех, которые сопутствуют человеку ежедневно, ежечасно. Это энергетика, производство, создание новых материалов и веществ, транспорт, связь и информация, окружающая среда.

Подобно тому как из множества целей технического прогресса выделяется главная и решающая — обеспечить рост производительности труда, — из множества средств реализации этой цели может быть выделено главнейшее, определяющее средство, вытекающее из самой природы процессов материального производства, — процесс использования и преобразования различных видов энергии, то есть повышение энерговооруженности труда.

Несомненно, уровень производительности общественного труда определяется и рядом других условий технологического и организационного характера и в первую очередь автоматизацией производственных процессов. Однако, если сокращение числа работающих, приводящее к росту производительности труда, происходит без изменения уровня энергопотребления, то и рост продукции и рост энерговооруженности, приходящиеся на одного работающего, происходят прямо пропорционально. Такая закономерность показывает роль энерговооруженности в деле создания материальной основы общества. Эта роль является решающей сегодня, в годы создания материально-технической базы коммунизма. И она будет возрастать со временем, достигнув небывалого значения к исходу века, к 2000 году.



Академик Н. Н. Семенов
рассказывает
об энергетике будущего

Современная наука и техника открывают поистине огромные перспективы для полного, но, конечно, разумного удовлетворения основных материальных потребностей всех людей земного шара. Реализация этой великой гуманистической задачи лимитируется не научно-техническими возможностями, не ресурсами труда и материальных средств, а причинами социальными, существующим еще на планете несовершенством в устройстве человеческого общества.

Решающее значение для развития материальной базы общества и комфортабельного быта людей имеет энерговооруженность, особенно же количество электроэнергии, вырабатываемой на душу населения. Сейчас в среднем во всем мире на одного человека приходится всего около 0,23 установленного киловатта. Это крайне мало, особенно если иметь в виду, что в развивающихся странах эти цифры во много раз меньше.

Без сомнения, электроэнергия является наиболее квалифицированным видом энергии. Она получается сейчас в основном за счет тепловых электростанций, сжигающих топливо различных видов. Однако во многих случаях бывает нужна и непосредственно тепловая энергия сжигания топлива, например, для работы автомобильных и авиационных моторов. Поэтому основным показателем энерговооруженности в конечном итоге является количество добываемого топлива на душу населения. В среднем на одного человека в мире добывается около двух тонн условного топлива (с теплотворной способностью 7000 ккал/кг). Естественно, что эта цифра сильно различается для разных стран. Так, например, в США на душу населения приходится 10 тонн топлива, а в Индии — всего 0,2 тонны, то есть в 50 раз меньше.

Рассмотрим в первую очередь состояние современной энергетики, в основном базирующейся на горючих ископаемых (уголь, нефть, газ). Сейчас в мире добывается около 6 миллиардов тонн условного топлива в год. При сжигании это дает $7 \cdot 10^6$ ккал/тонн, а значит, добыча энергии составит $42 \cdot 10^{15}$ ккал. О том, как потребляется это топливо, дает представление таблица. В ней приведены примерные данные в процентах от общей добычи топлива.

1. Транспорт (автомобильный, авиационный, железнодорожный, морской), а также сельскохозяйственные машины, прежде всего трактора . . . . 20—25%

2. Тепловые электростанции, включая теплофикацию (в настоящее время) . . . . 30—35%

3. Промышленность, в особенности металлургическая, химическая, машиностроительная и стройматериалов . . 30%

4. На бытовые нужды . . . . 5—10%

На получение энергии в тепловых электростанциях идет 30 процентов всего добываемого топлива. Тепловые электростанции (работающие в среднем с к.п.д. около 30 процентов) дают подавляющую часть электроэнергии. Доля гидроэлектростанций составляет примерно 17 процентов, а доля атомных электростанций пока еще мала. Бурное развитие промышленности, механизация сельского хозяйства, быстрый рост населения земного шара вызывают непрерывное увеличение добычи топлива. При такой ситуации, естественно, встает вопрос, на какое же время хватит запасов горючих ископаемых. Ответить на этот вопрос трудно, так как пока нет теоретических возможностей оценить эти запасы хотя бы очень приблизительно. Цифры же разведанных запасов из года в год колеблются. Так, за последние 30 лет геологи открыли богатейшие запасы нефти как раз в то время, когда многие старые месторождения стали истощаться.

Все же на основании выявленных месторождений и геологических прогнозов имеются различные, но, в общем, сравнительно близкие оценки экономически выгодных для разработки мировых запасов горючих ископаемых. Данные одной из таких оценок приведены в следующей таблице.

Топливо	Запасы		Запасы, доступные для извлечения	
	тонн	%	тонн	%
Всего	$12{,}394\times10^{12}$	100	$3{,}484\times10^{12}$	100
Уголь	$11{,}240\times10^{12}$	90,44	$2{,}880\times10^{12}$	82,66
Нефть	$0{,}743\times10^{12}$	6	$0{,}372\times10^{12}$	10,68
Газ	$0{,}229\times10^{12}$	1,85	$0{,}178\times10^{12}$	5,11

Во втором столбце приведены прогнозные геологические запасы, в четвертом — экономически целесообразная выработка этих запасов.

В 1970 году добыча всех приведенных в таблице видов топлива составляла около 6 миллиардов тонн условного топлива. Таким образом, годичная добыча составляет около 0,15 процента от запасов по четвертому столбцу.

Темпы роста добычи топлива в течение ряда десятилетий были достаточно высоки (приблизительно удвоение за каждые 20 лет).

Исходя из темпов добычи в прошлом и допустив, что темпы роста добычи сохранятся и дальше, мы можем дать прогноз годичной добычи в будущем в математической форме. Обозначим мировую добычу горючих ископаемых в 1970 году через $A = 6 \times 10^9$ тонн условного топлива. Будем отсчитывать время t от 1970 года, где t выражено в годах. Тогда ежегодная добыча $Q=A \cdot 2^{t/20}$. Нас интересует, однако, не годичная выработка ископаемых, но общая выработка их за годы, прошедшие с 1970 года.

Мы можем вычислить, какая доля возможных для извлечения запасов (по столбцу 4 предыдущей таблицы) будет добыта ко времени t.

t в годах	Год	$2^{t/20}-1$	$30\,A\,(2^{t/20}-1)$	Выработка за t лет в % от запаса
20	1990	1	$18 \cdot 10^{10}$ т	5,14
40	2010	3	$54 \cdot 10^{10}$ т	15,4
60	2030	7	$126 \cdot 10^{10}$ т	36,0
80	2050	15	$270 \cdot 10^{10}$ т	77,0

Таким образом, практически все топливо будет извлечено за 80 лет, если исходить из вышеприведенных запасов.

Если допустить, что дальнейшая геологическая разведка и улучшение коэффициента извлечения приведут к увеличению запасов, скажем, в восемь раз (на большее трудно рассчитывать, так как глубинное бурение,

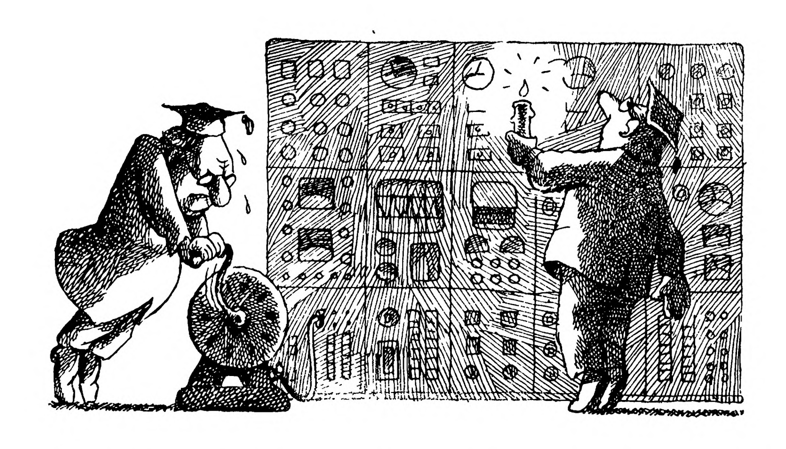
которое принесло нам значительное увеличение запасов нефти, уже давно освоено), то в таком случае запасы топлива будут исчерпаны не в 2050 году, а в 2110, то есть не через 80 лет, а через 140 лет.

Американские ученые в своих прогнозах приходят к подобным же результатам. По одному из их расчетов, экономически выгодные запасы топлива в США будут истощены в течение 75—100 лет, а общие потенциальные запасы топлива — за период 150—200 лет.

Понять, почему за последние годы темпы роста добычи топлива значительно увеличились, не так трудно. Дело в том, что добыча нефти с 1880 года и до нашего времени росла очень быстро: удваивалась примерно каждые 10 лет. Однако количество добываемой нефти в первые 30 лет XX века было очень невелико по сравнению с углем. В дальнейшем добыча нефти стала составлять уже заметную часть от добычи угля и к 1950 году достигла половины (в единицах условного топлива).

Доля нефти и газа в составе современного топлива за последние десятилетия быстро растет и сейчас составляет примерно 70 процентов, а на долю угля падает всего 30 процентов. Между тем мировые запасы нефти и газа, как мы видели из таблицы, в пять с лишним раз меньше, чем угля. Если так будет продолжаться, эти важнейшие для транспорта и химии источники сырья будут исчерпаны на глазах нынешнего поколения молодых людей. Отсюда следует, что мировая электроэнергетика должна в основном строиться на базе угля.

Многие сомневаются в том, что быстрые темпы роста мировой добычи топлива сохранятся в течение будущего времени и их падения не произойдет. Мне кажется это не совсем верным. Надо думать, что XXI век будет характеризоваться быстрым техническим прогрессом развивающихся стран. Как мы видели, диспропорция в количестве добываемого топлива очень велика. В США на душу населения приходится в 50 раз больше горючих ископаемых, чем в Индии. За 100—150 лет картина должна в корне измениться и добыча топлива если не полностью сравняется в различных группах стран, то, по крайней мере, значительно приблизится к высокому уровню. Поэтому с течением времени надо ожидать не снижения, но скорее увеличения темпов роста добычи топлива в мировом масштабе.



Конечно, все эти прогнозы связаны с различными предположениями и могут колебаться в достаточно широких пределах. Одно только совершенно ясно: при всех условиях запасы горючих ископаемых будут исчерпаны в обозримое время. Таким образом, над человечеством нависает настоящая катастрофа — энергетический голод. Мы, люди, живущие сейчас, бездумно расходуем запасы ценнейшего сырья, которое понадобится будущим поколениям людей для обеспечения производства химических препаратов, органических материалов, моющих средств и т. п. Поэтому нашей задачей, особенно задачей ученых и инженеров, является поиск иных, новых, более эффективных путей обеспечения человечества энергией. Это надо делать быстро, пока горючих ископаемых имеется еще достаточно для химии будущих столетий. Отрадно отметить, что за последние 20 лет такие новые пути уже начали разрабатываться.

Необходимость перехода человечества на новые виды энергии, не связанные с горением топлива, диктуется и другими причинами, не имеющими отношения к проблеме исчерпания запасов топлива.

Современные заводы, электростанции и двигатели внутреннего сгорания выбрасывают в атмосферу огромное количество углекислоты в результате сжигания топлива. Мы видели, как бурно растет в последнее десятилетие потребление горючих ископаемых, которые в основном сжигаются в камерах двигателей и топках котлов. Огромное дополнительное количество углекислого газа не только используется растениями, но и погло-

щается океанами с образованием в их воде карбонатов. Таким образом, океаны являются мощными буферами, поддерживающими равновесие углекислоты в атмосфере. Однако становится заметным некоторое, правда пока небольшое, увеличение углекислоты в атмосфере — от 0,03 процента до 0,032 процента.

Исключительно быстрый рост потребления топлива со временем, видимо, приведет к значительному увеличению содержания углекислоты в атмосфере. Для людей и животных это не страшно, но для изменения климата Земли это могло бы через 200—300 лет привести к катастрофическим последствиям. Углекислота атмосферы, интенсивно поглощая инфракрасное излучение Земли, вызовет нагрев Земли и нижних слоев атмосферы (парниковый эффект) и приведет к созданию на Земле столь жаркого и влажного климата, в котором люди не смогут жить. Пока этот эффект мал, но, когда углекислоты станет значительно больше, чем сейчас, это приведет к значительным осложнениям.

Таким образом, быстрое исчерпание в будущем ресурсов обычного топлива и опасность увеличения углекислого газа в атмосфере настоятельно ставят перед человечеством проблему создания принципиально новой базы мировой энергетики. Времени на создание этой базы у нас мало, максимум около 100 лет.

* * *

Естественно, взоры наши прежде всего обращаются к использованию атомной энергии в виде уже существующих атомных электростанций. Однако получение атомной энергии ограничено залежами урана. Правда, со времени открытия атомной энергии экономически выгодные для разработки запасы урана непрерывно увеличиваются. Но беда в том, что для получения электроэнергии используется лишь изотоп уран-235, содержащийся в уране-238 в количестве 0,7 процента, а весь оставшийся уран-238 идет в отвал. В таком виде атомная энергия никогда не смогла бы занять доминирующего положения в энергетике.

Вместе с тем давно известно, что уран-238 при захвате им нейтрона в конечном счете дает плутоний, являющийся еще более активным материалом, чем уран-235. Но для осуществления такого процесса необ-

ходимо иметь нейтронный источник, работающий с хорошим к.п.д. Идея создания такого источника еще в начале 50-х годов возникла в Советском Союзе, а затем в США. Это мог бы быть протонный ускоритель на 0,5—1 Бэв. Быстрые протоны, попадая на мишень из урана-238, пронизывают электронную оболочку атома, проникают в ядро урана-238 и при этом выбивают 30—50 нейтронов на каждый протон. Получаемые таким путем нейтроны реагируют с ураном-238 и преобразуют его в плутоний. Эта идея оживленно обсуждалась у нас и в США вплоть до последнего времени.

Однако за это время в Советском Союзе и США возникла значительно более простая для реализации идея использования урана-238 в так называемых реакторах-размножителях. Прототипы таких котлов уже появились в США, СССР и Франции. Идет разработка оптимальных типов котлов-размножителей, работающих на плутонии. При делении атома плутония выделяется около 3 нейтронов. Один идет на поддержание цепной реакции деления, обеспечивающей работу электростанции. Второй нейтрон поглощается оболочкой котла из урана-238 и идет на образование плутония, обеспечивающего новую зарядку котла после выработки первичного заряда плутония. Наконец, третий нейтрон каждого атома частично теряется бесполезно, а частично обеспечивает получение некоторого дополнительного количества плутония в работающих котлах, что и дает возможность «размножения» атомных котлов. Таким образом, удается использовать весьма большую долю от всего добываемого урана в качестве делящегося материала. Иначе говоря, эффективность добываемой руды можно повысить почти в 100 раз. При этом становится экономически целесообразной разработка даже очень бедных месторождений урана, а также добыча его из океанской воды. Хотя концентрация урана в воде очень мала (5 миллиграммов на тонну), но общие его запасы в океанах в 1000 раз больше, чем в земной коре.

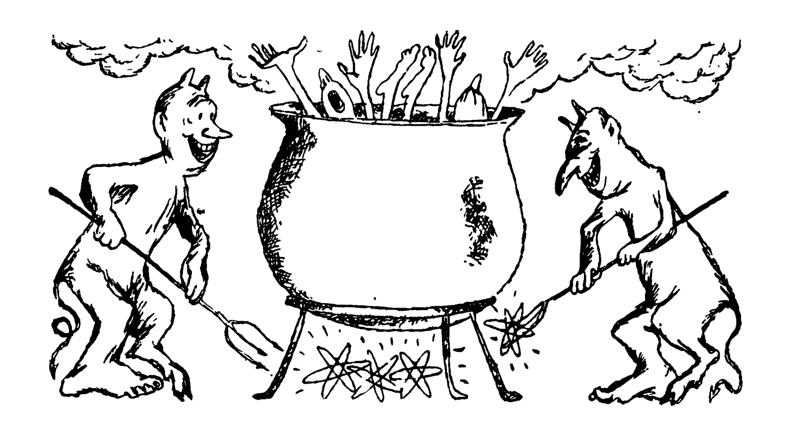
Пока рост числа котлов-размножителей идет сравнительно медленно (примерное увеличение в 2 раза за 10 лет), но уже через 50 лет значительную часть энергетики Земли можно будет обеспечить за счет атомной энергии.

Метод котлов-размножителей в принципе вполне реален, и дело стоит за чисто технологической его дора-

боткой. Достоинством метода является отсутствие радиоактивных газов, которые могли бы заражать атмосферу, если не считать малых количеств криптона, от которых при расширении производства необходима тщательная очистка. Однако метод имеет и недостаток, состоящий в том, что практически все запасы урана и тория будут переведены в радиоактивные остатки деления, что может иметь вредные последствия. Поэтому даже при захоронении их глубоко под землей необходимо иметь полную гарантию, что осколки деления в течение столетий не смогут отравить подземные воды. Проведенные уже на этот предмет опыты дают благоприятные результаты, но, учитывая огромное увеличение числа атомных котлов, необходимо выполнить самые скрупулезные исследования условий захоронения, которые бы с абсолютной достоверностью исключали всякую опасность.

Совершенно новые возможности открываются перед человечеством с осуществлением термоядерной управляемой реакции. Однако ее осуществление казалось сначала невозможным из-за громадного количества выделяющегося тепла и соответственно высокой температуры в зоне реакции, достигающей сотен и более миллионов градусов. Именно такие температуры и необходимы для того, чтобы реакция шла достаточно быстро и сама себя поддерживала. Само собой разумеется, что в результате теплоотдачи стенки термоядерного реактора мгновенно превратятся в пар. Однако физики (насколько я знаю, первыми это сделали советские физики) выдвинули идею магнитной изоляции, которая решала проблему уменьшения теплопередачи к стенкам и в принципе делала бы процесс осуществимым. При разогреве вещества мощным импульсом тока удалось на мгновение нагреть его до температуры, близкой к необходимой для начала термоядерной реакции, и проверить действие магнитной изоляции.

После того как была доказана возможность магнитной изоляции, ученые полагали, что управляемую термоядерную реакцию удастся осуществить в течение ближайших десяти лет. На решении этой проблемы было сосредоточено много квалифицированных ученых во многих странах, в частности и у нас. Однако чем дальше углублялись исследования, тем больше появлялось трудностей. Сейчас удалось сформулировать, какие



именно трудности надо преодолеть для получения устойчивой термоядерной реакции.

Две термоядерные реакции с самого начала привлекали внимание. Первая из них — это бимолекулярная реакция ядер газообразного дейтерия. В сущности, она состоит из двух параллельных и одной промежуточной реакции:

$$D+D=He^3+n,$$

где D — ядро дейтерия (изотоп водорода), содержащее один протон и один нейтрон, He^3 — изотоп гелия, содержащий в ядре два протона и один нейтрон;

$$D+D=T+p,$$

T — ядро трития (изотоп водорода), содержащее один протон и два нейтрона;

$$T+D=He^4+n,$$

He^4 — обычный гелий, содержащий в ядре два протона и два нейтрона; n — нейтрон, p — протон.

При этом скорость последней стадии значительно выше, чем первых двух, и поэтому слабо радиоактивный тритий будет практически отсутствовать в продуктах реакции.

Вторая интересующая ученых термоядерная реакция выглядит следующим образом:

$$T+D=He^4+n.$$

Она может быть осуществлена значительно легче, чем первая, однако требует синтеза трития, которого

нет на Земле. Исходный заряд трития может быть получен в обычных атомных котлах. А дальше, как мы сейчас увидим, он может воспроизводиться в ходе термоядерной реакции за счет выделяемых ею нейтронов. Для этого реактор необходимо окружить оболочкой из химических соединений лития. В литии в количестве 7 процентов содержится изотоп Li^6. При реакции нейтрона, замедляющегося в литиевой оболочке, происходит реакция $n+Li^6=He^4+T$. Образующийся тритий выделяется и снова используется в основном процессе. Мало того, если между реактором и оболочкой проложить слой, содержащий бериллий, то идет реакция, при которой из одного нейтрона получаются два. Эти оба нейтрона реагируют с Li^6, и возникают два атома трития. В этом случае количество образующегося трития не только компенсирует расход его в реакции, но дает избыток, позволяющий в принципе создавать новые термоядерные реакторы.

При обеих рассмотренных реакциях выделяется огромное количество тепла: в первой из них на один грамм газа выделяется столько энергии, сколько получается при сжигании примерно 10 тонн угля, а во второй — 14 тонн угля. Реакции идут при температурах порядка 100 миллионов градусов. При таких условиях газ представляет собой плазму из электронов и положительно заряженных ядер. Допустим, что реактор работает на быстро чередующихся импульсах тока, мгновенно разогревающих плазму. Вся трудность заключается в том, что плазма сохраняет устойчивость лишь в течение очень короткого времени τ, которое зависит от силы магнитного поля и конструкции реактора. Обеспечить достаточную полноту реакции возможно лишь в том случае, если время реакции t меньше τ. Таким образом, протекание реакции определяется условием: $\frac{t}{\tau}>1$. Скорость реакции выражается формулой $W=KN^2$, где N — количество ядер в $см^3$, а K — константа скорости реакции при данной температуре (100 миллионов градусов для реакции $T+D$ и почти на порядок выше для реакции $D+D$). Отсюда время реакции $t=\frac{1}{KN}$ и условие осуществления реакции выразится так: $KN\tau>1$. Константа K бимолекулярной реакции, как всегда, пропорциональна сечению $\sigma=\pi r^2$

столкновения частиц, в данном случае ядер. Радиус r определяет собой то наибольшее расстояние между ядрами (в момент прохождения их друг около друга), при котором реакция еще осуществляется.

Оказалось, что сечение реакции D + D в 100 раз меньше, чем реакции T + D, а следовательно, и константа K в 100 раз меньше для первой реакции, чем для второй, поэтому численное значение произведения $N\tau$ для реакции дейтерия составит величину 10^{16}, а для трития с дейтерием 10^{14}. Таким образом, реакция трития может быть осуществлена значительно легче.

В настоящее время экспериментально достигнута величина $N\tau = 10^{12}$, но есть основания думать, что со временем можно будет достичь и 10^{14}, что приведет к осуществлению реакции трития с дейтерием.

Однако сама по себе эта термоядерная реакция T + D обладает тремя недостатками. Первый из них связан с необходимостью использования Li^6 в том же количестве, что и трития и дейтерия. Разведанные на сегодняшний день мировые запасы достаточно богатых литием руд (и минерализованных вод) очень невелики, особенно если вспомнить, что изотоп Li^6 содержится в литии в количестве 7 процентов. Если положить термоядерную реакцию T + D в основу мировой энергетики, то запас Li^6 в разведанных месторождениях будет целиком использован за сравнительно небольшой отрезок времени. Литий относится к очень рассеянным элементам, и хотя общее его содержание в земной коре достаточно велико, концентрация очень мала. Например, в гранитах он содержится всего в количествах $^1/_{1000} \div {}^1/_{10000}$ долей процента, поэтому разработка таких руд представляется малорентабельной.

Вторая трудность состоит в том, что при работе с тритием очень сложно избежать его потерь и постепенного накопления в атмосфере. Между тем тритий радиоактивен. Поэтому применение реакции с ним требует полной гарантии радиоактивной безопасности, то есть извлечения трития из отходящих газов.

Конечно, и в реакции D + D в качестве промежуточного продукта появляется тритий, однако в условиях проведения этой реакции тритий будет практически мгновенно реагировать и полностью исчезать за счет реакции T + D.

Наконец, в-третьих, само извлечение трития из ли-

тиевой оболочки реактора довольно трудно будет технически совместить с использованием тепла для работы уже обычного котла электростанции. Заметим, что $^7/_9$ энергии термоядерной реакции T+D уносится в оболочку с быстрыми нейтронами, в самом же реакторе выделяется всего $^2/_9$ общей энергии.

Все эти недостатки термоядерной реакции трития, даже если она будет осуществлена, делают ее отнюдь не более перспективной, чем метод котлов-размножителей. Поэтому можно считать практическое осуществление реакции T + D лишь преддверием к решению проблемы на базе реакции D + D. Мы видели, что трудностей для осуществления этой реакции в сто раз больше, чем для реакции T + D. И все же нет оснований сомневаться, что человеческий гений добьется своего, быть может, ценой длительных усилий. Возможно, это случится через много десятков лет, но рано или поздно это произойдет.

С этой оптимистической точки зрения осуществление и техническое оформление котлов электростанций на реакции T + D представляются крайне важными для будущего осуществления реакции D + D.

Мне хотелось бы сказать еще несколько слов о перспективах получения термоядерной реакции D + D. За последние 20 лет все усилия были направлены по одному руслу. Не было принципиально новых идей. А между тем они, несомненно, должны появиться. С этой точки зрения следует обратить внимание на новую оригинальную идею, высказанную и проиллюстрированную академиком Басовым и некоторыми французскими учеными. Эта идея заключается в импульсном нагреве твердых соединений дейтерия или непосредственно замороженного дейтерия с помощью лазеров.

Басов направил узкий лазерный пучок на дейтерид лития. Лучшие результаты получались при очень коротких импульсах, когда образующаяся в результате нагрева лазерным пучком плазма не успевает еще расшириться. При этом был зарегистрирован небольшой выход нейтронов, что свидетельствовало о протекании, пусть еще очень слабой, термоядерной реакции. По новой идее плазма не требует никакой магнитной изоляции. Хотя в этих опытах τ очень мало, но зато концентрация ядер достаточно велика, поскольку плазма возникает в твердом теле.

Под пучок будет подводиться лишь очень малое количество вещества. Затем импульс лазера прерывается на короткое время, подводится новая малая порция вещества и т. д. Таким образом, установка будет работать подобно автомобильному двигателю, где топливо подается в цилиндры порциями.

Недавно группа американских физиков предложила другой, очень остроумный путь получения термоядерной энергии за счет энергии лазерных пучков. Пока опубликованы лишь расчеты, что же касается экспериментов, то неизвестно, проводились ли они. Идея заключается в следующем. На сферическую частицу из твердого дейтерия или дейтерия с тритием направляется сферически сходящийся световой поток. Он ионизирует поверхностный слой частиц и поглощается в нем. В результате этот поверхностный слой разлетается во все стороны и сообщает импульс отдачи оставшейся части частиц, сжимая их. Расчеты показывают, что при этом частица сжимается. Задавая определенным образом зависимость импульсной отдачи от времени (что достигается соответствующим программированием формы лазерного импульса), можно получить режим почти адиабатического сжатия частицы до плотности в 10^4 раз больше первоначальной и достичь плотности атомов дейтерия до 10^{27} атом/см^3. Возникающая при этом высокая температура обеспечивает очень быстро протекающую термоядерную реакцию. По расчетам, 60 джоулей лазерной энергии могут привести к получению 2 мегаджоулей термоядерной энергии. Конечно, здесь, как и в случае, предложенном Басовым и французскими учеными, термоядерное горение будет происходить как последовательность быстро следующих друг за другом малых термоядерных взрывов, соответствующих превращению нескольких десятых микромолей дейтерия при нормальном давлении в гелий.

Если удастся решить проблему осуществления термоядерной реакции на одном дейтерии, то именно ее следует положить в основу мировой энергетики. Она имеет ряд бесспорных достоинств перед всеми другими путями энергетического обеспечения будущего человечества. Во-первых, ее сырьевые ресурсы безграничны и вместе с тем не требуют никаких горнорудных трудоемких работ. Этим сырьем является вода, в неограниченных количествах имеющаяся в океанах, которая со-

держит дейтерий в количестве $^1/_{350}$ от веса водорода или $^1/_{6300}$ от веса воды. Учитывая, что один грамм дейтерия при термоядерной реакции выделяет тепло, эквивалентное сжиганию 10 тонн угля, запасы его в воде можно считать практически бесконечными. Дейтерий может быть извлечен из обычной воды уже разработанными методами. Для обеспечения энергии, равной теплоте сгорания всех ежегодно добываемых сейчас горючих ископаемых, потребуется извлечь дейтерий из воды, содержащейся в кубе со стороной 160 метров.

Вторым достоинством этой реакции является практическое отсутствие радиоактивных загрязнений. Образующиеся конечные продукты He^3 и He^4 безвредны.

Есть ли предел использования термоядерной энергии? Как это ни странно, такой предел существует, и он связан с перегревом поверхности Земли и атмосферы в результате выделения тепла в термоядерных реакторах. Можно подсчитать, что средняя температура земной суши и океана повысится на 7 градусов, когда тепло термоядерных реакторов составит 10 процентов от солнечной энергии, поглощаемой поверхностью Земли и океанов, а также нижними слоями атмосферы. Такое повышение средней температуры поверхности земного шара и океанов вызовет резкое изменение климата, а может быть, и создание условий для всемирного потопа за счет таяния льдов Антарктики и Гренландии. Поэтому вряд ли можно увеличивать добычу термоядерной энергии более чем до 5 процентов от солнечной энергии, что соответствует разогреву земной поверхности на 3,5 градуса. Однако представляет интерес получить более точные расчеты об опасности перегрева Земли.

Институт океанологии Академии наук СССР согласился провести очень трудный, нигде не проводившийся расчет: что будет с плавающими льдами и со льдами Антарктики и Гренландии при повышении средней температуры поверхности земного шара на несколько градусов? Приведет ли такое повышение лишь к определенному стационарному изменению климата и уменьшению плавающих льдов в прибрежных районах Антарктики и Гренландии или при некотором критическом нагреве вызовет прогрессивное таяние их ледников?

Решение этой задачи интересно не только для ответа на наш вопрос, но и для подхода к разработке теории ледниковых периодов и процессов потепления

климата Земли. Есть много и других, более частных вопросов, как, например, строгое теоретическое обоснование появления сравнительно теплых оазисов, открытых недавно в Антарктиде.

Сейчас трудно сказать, какой именно нагрев Земли приведет к необратимому изменению ледового покрова и климата. Но думаю, что выбранная нами величина 3,5 градуса при выделении энергии всеми термоядерными и атомными станциями скорее завышена.

Сосчитаем теперь, каких же предельных значений может достичь использование ядерной энергии. Как уже говорилось, увеличение средней температуры на 3,5 градуса соответствует тому, что тепло, выделяющееся от всех ядерных установок, не должно превышать 5 процентов от общей солнечной радиации, поглощаемой поверхностью Земли и прилегающими к ней нижними слоями атмосферы.

Солнечная энергия, падающая на земной шар, составляет $4 \cdot 10^{13}$ ккал/сек. 30 процентов солнечной радиации отражается от земного шара и уходит в мировое пространство, значительная часть поглощается высшими слоями атмосферы и т. д. До поверхности планеты и примыкающей к ней части атмосферы доходит менее 50 процентов от общей энергии, посылаемой Солнцем, то есть $2 \cdot 10^{13}$ ккал/сек, 5 процентов от этой энергии составляет 10^{12} ккал/сек, или в год $10^{12} \cdot 3 \cdot 10^7 = 3 \cdot 10^{19}$ ккал/год.

В нашем предположении именно эта энергия является максимально возможной тепловой энергией, которую допустимо получать от всех термоядерных и атомных электростанций. Сравним это число с энергией всего добываемого в год топлива (нефть, газ и уголь). Как мы видели, в год добыча их составляет $6 \cdot 10^9$ тонн условного топлива с теплотворной способностью $7 \cdot 10^6$ ккал/т, что дает $4{,}2 \cdot 10^{16}$ ккал/год. Таким образом, от термоядерной энергии мы получим $3 \cdot 10^{19}/4{,}2 \cdot 10^{16} = 700$, то есть в 700 раз больше энергии, чем мы имеем сейчас. Возможно, что это число несколько преувеличено и на самом деле термоядерной энергии будет лишь в 500 или даже в 300 раз больше, чем энергии от сожженных полезных ископаемых. Но все равно это грандиозная цифра. Такого количества энергии, вероятно, будет достаточно будущему человечеству, если, конечно, население Земли, особенно за счет Юго-Запад-

ной Азии, не будет увеличиваться ежегодно в течение ближайших столетий более чем на 1,7 процента, как это имеет место сейчас.

* * *

Большие перспективы открываются перед человечеством в связи с лучшим использованием солнечной энергии. Солнце ежесекундно посылает на Землю $4 \cdot 10^{13}$ больших калорий Однако даже в абсолютно чистой атмосфере рассеивается и поглощается около половины солнечного света, и до поверхности Земли доходит лишь около 50 процентов от указанной выше величины Облака, пыль и т. п. уменьшают долю доходящей энергии примерно до 40 процентов. И все же общее количество солнечной энергии остается совершенно грандиозным, в десятки раз больше, чем то, что можно получить от «предельно» допустимого использования управляемой термоядерной реакции.

Возникновение жизни на Земле связано с появлением сперва микроскопических, а затем и весьма крупных растений, которые в процессе эволюции выработали аппарат фотосинтеза, позволяющий за счет энергии Солнца превращать углекислоту и воду в органические вещества и одновременно превращать связанный кислород в свободный. Последнее определило создание и поддержание кислородсодержащей атмосферы Земли, а также стабилизацию углекислоты в атмосфере. Все эти условия, вместе взятые, создали возможность появления животного мира.

Запасы горючих ископаемых обязаны своим происхождением растительному и в меньшей степени животному миру. В них как бы аккумулировалась солнечная энергия далеких прошлых лет. Таким образом, вся наша современная промышленность создалась, в конечном счете благодаря солнечной радиации. Пища, растительная и животная, позволяющая жить и работать трем-четырем миллиардам человек, получается с помощью солнечной энергии в процессе фотосинтеза в сельскохозяйственных растениях, которые или потребляются непосредственно человеком (растительная пища), или служат кормом сельскохозяйственным животным, поставляющим нам мясо, молоко, яйца и т. п. Человек, как мускульная машина, работает с довольно большим

к.п.д. превращения энергии пищи путем ее «сжигания», но не пламенного (как в котлах или двигателях), а медленного беспламенного окисления в организме. Этот к.п.д. достигает 30 процентов, то есть величины того же порядка, что и в двигателях внутреннего сгорания. К.п.д. же превращения химической энергии непосредственно в мышечную работу достигает 70 процентов, то есть почти в 1,5 раза больше, чем к.п.д. лучших электростанций. Этому не следует удивляться, так как энергетика организма совершенно отлична от промышленной и в принципе позволяет производить превращения энергии со 100-процентным к.п.д. Поразительным примером этого является превращение химической энергии в световую у светлячков.

Подобные же медленные процессы сжигания можно осуществлять и в химических системах, примером которых могут служить топливные элементы с близким к 100 процентам к.п.д. перехода химической энергии в электрическую. К сожалению, пока высокий к.п.д. достигнут только в водород-кислородном элементе, хотя в будущем, вероятно, удастся заменить дорогостоящий водород углеводородами нефти.

Значительная часть человечества сейчас недоедает, и до сих пор на земном шаре есть места, где голод частый гость. Между тем уже одно улучшение методов обработки, удобрения и ирригации имеющихся пахотных земель до наиболее высокого современного уровня (не говоря уже о расширении посевных площадей) позволило бы обеспечить высококачественное и полностью достаточное питание не только всему современному населению земного шара, но, по-видимому, и гораздо большему количеству людей. Сейчас урожаи в среднем еще низки.

Однако при достаточно высокой агротехнике, при достаточном количестве влаги и удобрений получают урожаи порядка 15 тонн сухого вещества на 1 гектар. А некоторые культуры, такие, как кукуруза, сахарный тростник и другие, относящиеся к тропическим травам, могут дать урожай до 40—50 тонн сухого вещества на 1 гектар. Если посевы предназначены непосредственно для питания людей (например, зерновые), то из указанных 15 тонн сухого органического вещества примерно 40 процентов, то есть 6 тонн, может быть непосредственно использовано для пищи людей. Если посевы пред-

назначены для корма скота, то используются почти все 15 тонн. Но лишь небольшая часть, а именно около 10 процентов, то есть 1,5 тонны, может быть получена от сельскохозяйственных животных в виде мяса, молока, масла, сала, яиц (в расчете на сухой вес).

Оптимальный рацион человека составляет около 1 килограмма в день сухого веса пищи, причем растительная пища должна составлять примерно 750 граммов, а животная — 250 граммов. Для полного питания 3 миллиардов людей при достижении указанных выше урожаев потребовалось бы всего 130 миллионов гектаров под культуры, потребляемые человеком, и 180 миллионов гектаров под культуры для содержания сельскохозяйственных животных, а всего около 300 миллионов гектаров, или 2,2 процента от площади земной суши (не считая Антарктиды). Это в 4—4,5 раза меньше, чем занято сейчас под сельскохозяйственными угодьями. Зная, что в среднем сегодня человек питается значительно хуже, чем указано в норме, можно заключить, что средняя урожайность сейчас во много раз ниже возможной. Таким образом, поднятие общей урожайности до высоких, но вполне реальных значений дало бы возможность существующим сельскохозяйственным угодьям прокормить население значительно большее, чем сейчас.

Если у нас будут практически неисчерпаемые запасы энергии для организации ирригации и мелиорации, для отопления парников и теплиц (и дополнительного снабжения их углекислотой), если мы научимся делать дешевые и прочные пленки из пластмасс для парников, укрытия почв, прокладки для защиты от потери влаги в песчаных почвах, то все это откроет огромные возможности получения еще более высоких урожаев и освоения малопригодных сейчас для сельского хозяйства площадей. Однако я думаю, что основной задачей является не расширение посевных земель, а увеличение урожаев за счет улучшения агрокультуры, обеспечения достаточной влажности почвы и селекции, что позволит на существующих сельскохозяйственных угодьях обеспечить пищей население в 5 раз большее, чем сейчас на Земле. Если современные темпы роста населения сохранятся, то увеличение человечества в 5 раз произойдет через сто лет. Таким образом, нас будет лимитировать не пища, а энергия, необходимая для развития промышлен-

ности, в частности для производства и эксплуатации сельскохозяйственных машин, для производства удобрений, а также коренного улучшения быта людей.

Сравним теперь количество всех горючих ископаемых, добываемых за год (в тоннах), с количеством ежегодно получаемой пищи и кормов (также в тоннах в сухом виде).

Сейчас мировой урожай составляет примерно $7,5 \cdot 10^9$ тонн, то есть несколько больше, чем $6 \cdot 10^9$ тонн добываемого ежегодно топлива. Калорийность пищи и кормов в сухом виде составляет около $4 \cdot 10^6$ ккал/т против $7 \cdot 10^6$ ккал/т условного топлива. Отсюда по калорийности добываемые в год пища и корма составляют 70 процентов от калорийности добываемого в год топлива. Кроме того, надо учесть технические культуры (хлопок, лен и т. д.), эксплуатацию лесов и прочее.

Общая годовая мировая продукция фотосинтеза на суше и в океанах оценивается (конечно, сугубо ориентировочно) в 80 миллиардов тонн, что примерно в 14 раз превышает количество добываемого ежегодно топлива (а в пересчете на калорийность в 7—8 раз больше). Конечно, цифры эти надо считать приблизительными, так как определить фотосинтетическую продукцию океанов и суши, не связанную с сельскохозяйственной деятельностью человека, довольно непросто. Однако сейчас ясно выявляется, что фотосинтетическая продукция океанов, во всяком случае, не превышает таковой на суше, хотя поверхность океанов в 4 раза больше. Остановимся на продуктивности лесов, где можно сделать более определенную оценку.

Общая площадь, занимаемая лесами, составляет примерно $4 \cdot 10^9$ га $= 4 \cdot 10^7$ км^2, что равно примерно одной трети земной суши. Величина к.п.д. фотосинтеза у деревьев довольно высока.

Так, продукция фотосинтеза для северных лесов составляет 8 тонн на гектар, а для тропических — значительно больше. Расчет ведется не только на деловую древесину, но и на сучья, корни и некондиционные деревья. Будем считать, что в среднем весь этот мировой прирост составляет 10 тонн с гектара. В таком случае все леса дают ежегодно $4 \cdot 10^{10}$ тонн, то есть 40 миллиардов тонн древесины, что в 7 раз больше, чем добываемое ежегодно топливо по тоннажу, и в 4 раза больше по калорийности.

Само собой разумеется, что сжигать лес, являющийся ценным строительным материалом, сырьем для получения целлюлозы и многих других органических веществ нерационально. Однако сжигание только отходов леса уже обеспечит снабжение энергией всего лесного хозяйства. К сожалению, подавляющая часть прироста древесины вовсе не используется, а гниет из-за отсутствия правильной эксплуатации, вывоза леса из северных и тропических районов. Наладить уход за лесами и их эксплуатацию является необходимым мероприятием ближайшего будущего.

На первый взгляд приведенные цифры возможного использования фотосинтеза растений кажутся довольно большими. Однако при сравнении их с энергией солнечного излучения, падающего на сушу Земли, они оказываются ничтожными. Так, определяя к.п.д. перехода солнечной энергии в химическую энергию пищи и кормов при указанных ранее высоких урожаях (15 тонн сухого вещества с гектара), мы убеждаемся, что этот к.п.д. составит всего 1,5 процента, а при современных средних урожаях — еще раз в 5 меньше. (К.п.д. фотосинтеза определяется отношением калорийности урожая — в сухом весе — к количеству солнечной радиации на гектар, выраженной в тех же единицах, например в ккал/га. Биологи обычно определяют к.п.д. по отношению лишь к части видимого солнечного спектра, являющейся активным началом фотосинтеза с энергией, равной половине энергии всего солнечного спектра. Отсюда принятый нами к.п.д. 1,5 процента соответствует «биологическому» к.п.д., равному 3 процентам.)

Такое низкое значение к.п.д. объясняется в первую очередь тем, что в ранних периодах вегетации, когда растения малы, листья покрывают лишь малую часть пашни и солнечная энергия в большей своей части падает на землю, а не на растения. Наоборот, при полном развитии растений одни листья затеняют другие и в основном работают лишь верхние листья. Это мешает физиологическим функциям растений, а также понижает к.п.д. фотосинтеза, и вот почему: при малой освещенности к.п.д. фотосинтеза составляет 10 процентов, но падает с увеличением интенсивности. При больших интенсивностях облучения выход вещества вообще перестает зависеть от интенсивности света, и скорость фотохимического процесса будет лимитироваться актив-



ностью ферментов, скоростью диффузии исходных веществ в растении и др.

Учитывая такое своеобразие к.п.д. фотосинтеза, было бы очень выгодно создать условия равномерного распределения солнечной энергии по всем листьям растений с таким расчетом, чтобы, увеличивая поверхность листьев, работать с уменьшенной интенсивностью света, а значит, с большим к.п.д. По-видимому, подобные условия осуществляются на кукурузных полях в течение 2—3 недель перед уборкой и на плантациях сахарного тростника для растений второго года. Своеобразие этих культур, как и многих других тропических трав, заключается в том, что их длинные листья расположены под малым углом к стволу. Это позволяет, особенно в южных районах, солнечным лучам проникать глубоко в толщу посева. При этом отраженный от листьев и проходящий сквозь них свет создает в толще всего посева равномерное, хотя и малоинтенсивное, освещение. Такие условия обеспечивают получение высокого к.п.д фотосинтеза, гораздо большего, чем при непосредственном падении солнечных лучей на плотный верхний слой листьев. В указанных стадиях развития при хороших агротехнических условиях к.п.д. для названных растений составляет 7 процентов от всей падающей солнечной энергии.

Рассматриваемый нами эффективный к.п.д. фотосинтеза зависит от разнообразных условий (формы и расположения листьев, ухода за посевами и пр.), а не только от самого аппарата фотосинтеза.

Оказалось, что соответствующие значения начального к.п.д. и характер кривых не точно одинаковы для разных растений. Но в общем они распадаются на две группы. К одной относятся все растения средней полосы, а к другой — растения, относящиеся к так называемым тропическим травам. Для первых к.п.д. при малых интенсивностях составляет в среднем 8 процентов, а для вторых — 12 процентов, что соответствует «биологическому» к.п.д. 16 и 24 процента. Это обстоятельство также является одной из причин повышенной урожайности кукурузы, сахарного тростника и им подобных растений.

* * *

Итак, солнечная энергия в соединении с агрокультурными мероприятиями и селекцией способна обеспечить человечество питанием на сто-двести лет вперед даже при большом увеличении населения.

Поставим теперь вопрос: не сможем ли мы за счет энергии Солнца добывать в достаточном количестве и электроэнергию для нужд промышленности и быта, учитывая постепенное уменьшение запасов горючих ископаемых, накопленных в течение многих миллионов лет за счет той же солнечной энергии? А быть может, удастся получать органические вещества чисто химическим путем, за счет солнечной энергии вне растений?

При космических полетах и особенно при исследовании поверхности Луны (а впоследствии и Марса) применяются полупроводниковые солнечные батареи, которые работают с к.п.д., превышающим 10 процентов. Нет сомнений, что в будущем ученым удастся повысить к.п.д. преобразования солнечной энергии в электрическую, скажем, до 20 процентов. Кстати, в этих батареях к.п.д. не уменьшается при увеличении интенсивности солнечной энергии в противоположность тому, что имеет место при фотосинтезе в растениях.

В принципе при дальнейшем удешевлении полупроводниковых материалов не исключена возможность использования подобных батарей и на поверхности Земли, покрывая ими большие пространства суши. Суточные, месячные и годовые изменения интенсивности излучения, а значит, и электрического тока от батарей можно было бы выровнять с помощью аккумулирова-

ния электрической энергии батарей в виде продуктов электролиза. При этом можно было бы выбрать такой электролиз, продукты которого давали бы возможность переводить их химическую энергию в электрическую с к.п.д. около 100 процентов в топливных или обычных электрических элементах. От этих элементов мы могли бы получать ток уже постоянной мощности.

Сами фотоэлементы должны быть распределены на больших площадях. Они могут быть надежно укрыты в соответствующих пластмассовых кассетах. Уход за такими «энергетическими полями», вероятно, не был бы более трудоемким, чем уход за сельскохозяйственными полями.

Однако я думаю, что такое решение использования солнечной энергии не будет оптимальным. Уж очень много ценного полупроводникового материала для этого потребуется. Есть, правда, возможность получать некоторые органические полупроводниковые материалы, которые были бы значительно более дешевыми. К сожалению, эта область мало изучена, и пока к.п.д. соответствующих батарей еще очень мал (около 2 процентов). Однако нельзя исключать возможность повышения к.п.д. в дальнейшем и для этих материалов.

И все-таки думается, что решение вопроса следует искать другими путями.

Мне придется начать издалека. Примерно 150 лет назад немецкий химик Велер осуществил синтез мочевины, и это было началом революции в химии. До Велера химики полагали, что органические вещества могут быть получены лишь в живых организмах под действием какой-то мистической жизненной силы. Такой взгляд препятствовал развитию органической химии. Велер разбил этот предрассудок, и спустя сравнительно короткое время начался бурный рост органического синтеза. Органическая химия сделалась одной из самых развитых наук, породившей в конце прошлого и в настоящем веке огромную промышленность.

Одновременно органическая химия начала все более содействовать развитию биологической науки, и современная революция в биологии в значительной степени была вызвана химическими исследованиями, прежде всего химией природных соединений. Таким образом, создалась молекулярная биология и биоорганическая химия.

При развитии этих новых наук выяснилось, что химические реакции в живом организме происходят совсем иначе, чем в наших лабораториях и на химических заводах. Таким образом, Велер был лишь частично прав. Мы можем синтезировать в лабораториях любые органические вещества вплоть до белков и даже начинаем синтезировать нуклеиновые кислоты, являющиеся самой основой жизни, но механизм и сами принципы синтеза в организмах иные, чем в лабораториях. В растениях и особенно у животных сложные синтезы идут в течение минуты, а в лабораториях нередко требуют месяцев работы.

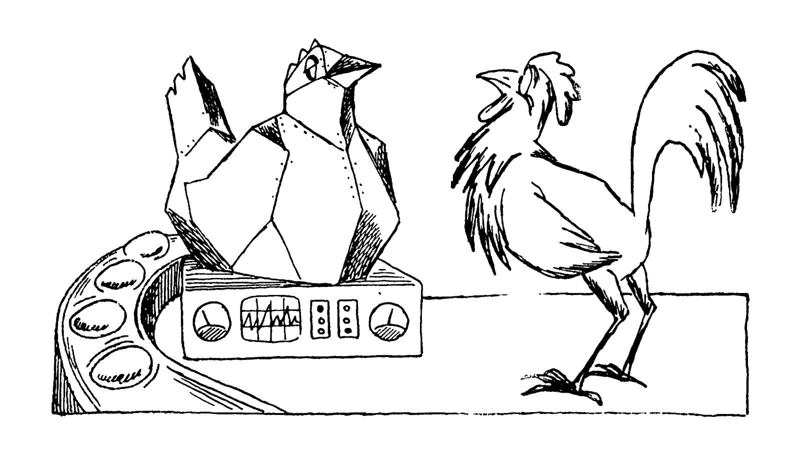
И мы стоим опять перед началом революции уже в химии, индуцированной теперь биологией. В то время как наша химическая индустрия использует высокие температуры и давления, организм способен проводить те же реакции при обычных температурах и давлениях.

* * *

Первичным источником энергии у зеленых растений является солнечное излучение, у животных — энергия окисления пищевых продуктов, которая используется для проведения реакции в организмах и для работы мышц. Эта энергия запасается в виде химической энергии в молекулах аденазинтрифосфорной кислоты (АТФ). При использовании энергии организмом аденазинтрифосфорная кислота переходит в аденазиндифосфорную кислоту (АДФ), которая затем под действием солнечной энергии снова заряжается и переходит вновь в молекулу АТФ.

Растения питаются в первую очередь углекислотой и водой, животные — растительной и животной пищей. И в тех и в других случаях используются катализаторы удивительной специфичности, так называемые ферменты, представляющие собой огромные белковые молекулы с маленькими активными группами. В очень многих случаях такие активные центры содержат ионы металлов переменной валентности.

Я не могу здесь вдаваться в подробности механизма химических реакций не только в организме в целом, но и в каждой его клетке. Клетка представляет собой миниатюрный химико-энергетический завод со специальными цехами: зарядки АДФ, распределения веществ по



отдельным зонам, транспорта аминокислот, сборки белков. Управление этой сборкой осуществляется специальной «управляющей машиной». Заготовка деталей и сборка молекул белков по своей точности превосходят сборку самолетов из деталей. Природа устроила этот миниатюрный завод в таком совершенстве, к которому мы в наших заводах еще только стремимся. Поэтому на первый взгляд кажется, что использовать такой сложный механизм в обычной химии нереально.

Но вот тут-то мы, по-видимому, ошибаемся. Дело в том, что в живом организме все взаимосвязано. Каждый элемент устройства, даже в отдельной клетке, должен обеспечивать эту взаимосвязь функций всей клетки и даже организма в целом. Если же мы хотим вне организма осуществить какую-либо одну функцию, например, получать определенное вещество, которое синтезируется в организме, то задача может снова упроститься. Не копируя природу, но используя некоторые ее принципы, мы сможем со временем в гораздо более простом виде осуществить любой химический процесс, который идет в организме. Если эта возможность реально подтвердится, то химическая технология во многом претерпит подлинную революцию.

Я позволю себе проиллюстрировать этот вывод на примере фиксации азота воздуха вне организма в условиях обычных температур и давлений. Дело идет о получении аммиака и его производных из азота воздуха и воды. Эта работа была осуществлена советскими уче-

ными Вольпиным и Шиловым за последние несколько лет.

До их работ такого рода синтез был известен лишь в клубеньках бобовых растений и у некоторых свободно живущих микробов, что давно и широко использовались в агрохимии для повышения связанного азота в почвах. Биологи и биохимики выяснили, что процесс фиксации азота идет с помощью специальных бактерий, живущих в почве или в клубеньках разного рода бобовых растений. Такая способность обусловлена наличием у этих организмов специальных ферментов, осуществляющих указанную реакцию. Эти ферменты (как и другие) представляют собой огромную белковую молекулу с небольшими активными группами, содержащими в микроколичествах ионы молибдена или ванадия. Было отмечено также, что фиксация азота в растениях протекает в присутствии хлористого магния. Биохимиками был сделан ряд попыток раскрыть механизм действия этих ферментов.

Советские авторы, как уже было указано, осуществили этот процесс вне организма, и притом скорость реакции оказалась близкой к природной. Вместо ферментов они использовали комплексные соединения разных ионов переменной валентности.

В 1964 году Вольпин в неводных растворах комплексов, аналогичных катализаторам Натта — Цигнера, впервые восстановил азот до нитрида. В 1966 году Шилов показал, что ионы металлов переменной валентности образуют с азотом воздуха при низких температурах прочные комплексы, причем обычно инертный газ азот в этих условиях оказался очень активным, способным вытеснять воду и аммиак из комплексов этих металлов.

Интересно, что эти комплексы металлов переменной валентности с азотом оказались очень устойчивыми. Для некоторых металлов они разлагаются лишь при температуре около 200°.

Из водных растворов солей ванадия в избытке солей магния при добавлении щелочи Шилов получил обычным методом рыхлый, хлопьевидный, аморфный осадок гидроокиси ванадия $V(OH)_2$, содержащий ионы магния и молекулы воды в качестве лигандов (молекул и ионов, связанных с центральным ионом в комплексном соединении). При насыщении раствора азотом воздуха

этот осадок оказался мощным катализатором образования гидразина H_2NNH_2, а при изменении некоторых условий — непосредственно аммиака. Скорость реакции оказалась настолько быстрой, что для измерения константы скорости необходимо было работать вблизи точки замерзания воды. Во всяком случае, эта скорость была не меньше, чем скорость фиксации азота в азотобактерах.

Следует отметить, что реакция получения гидразина из молекулярного азота и воды сильно эндотермична; она требует затраты более 120 ккал на грамм-моль гидразина. Откуда же восполняется такой большой дефицит энергии? Оказывается, что источником этой энергии является переход ванадия из двухвалентного в трехвалентное состояние — из $V(OH)_2$ в $V(OH)_3$.

В самом деле, для получения одной молекулы гидразина четыре атома ванадия переходят в трехвалентное состояние, и таким образом на каждый акт реакции выделяется энергии в несколько раз больше, чем это необходимо для образования гидразина из азота и воды. Удивительным оказалось то, что энергия активации реакции в целом очень мала — порядка 10 больших калорий на грамм-моль, что и являлось причиной больших скоростей реакции при температурах, даже близких к нулю.

Специальными опытами с помощью инфракрасного спектрометра Шилову удалось установить строение первичных комплексов переходных металлов с азотом в неводных растворах. Для случая ванадия это, по-видимому:

$$(OH)_2V \ldots N \equiv N \ldots V(OH)_2.$$

Иначе говоря, в присутствии двух ионов ванадия ни первая, ни вторая связи в азоте не рвутся, но ослабляются, зато устанавливается достаточно сильное взаимодействие между каждым атомом ванадия и атомом азота. После этого наступает стадия, по-видимому, одновременного протекания реакций, которые суммарно могут быть записаны в виде:

$$(OH)_2V \ldots N \equiv N \ldots V(OH)_2 + (OH)_2V \ldots$$
$$\ldots V(OH)_2 + 4H_2O \rightarrow H_2N-NH_2 + 4V(OH)_3.$$

На опыте оказалось, что на каждую образовавшуюся молекулу гидразина расходуется четыре молекулы $V(OH)_2$, переходящие в $V(OH)_3$.

Механизм реакции получения гидразина еще не вполне выяснен. Скорее всего ионы магния и ионы ванадия образуют сложный каталитический комплекс, содержащий молекулы воды в качестве лигандов этого сложного комплексного соединения. Мы уже говорили, что молекулярный азот способен вытеснять воду из комплексных соединений металлов переменной валентности. Очевидно, и в данном случае на место одной или двух молекул воды встает молекула азота, внедряясь таким образом в сферу комплексного соединения ванадия. Как всегда в такого рода комплексах, все составляющие их молекулы лежат очень тесно друг к другу. При этом все валентные электроны различных молекул, входящих в сферу комплексного поля, достаточно обобщены. Поэтому достаточно небольшого «теплового» толчка (измеряемого в данном случае калориями на моль), чтобы возникли одновременно цепи реакции, которая и приведет к указанному выше процессу образования гидразина.

Такой процесс, по-видимому, будет имитировать процесс в живом организме (азотобактеры). Но насколько же он будет проще! Уже на сегодняшнем этапе видно, что гакую невероятно сложную реакцию можно проводить просто и легко. Здесь уже не требуется сложных ферментов, они заменены активной группой ферментов — ионами ванадия. Это подтверждает высказанный ранее тезис, что сложность биологических процессов связана с многофункциональными задачами ферментов в живом взаимосвязанном организме. Когда же мы переходим к реакции вне организма, от катализатора требуется лишь одна функция — проводить реакцию, а для этого, оказывается, достаточно иметь лишь активные центры фермента.

Да ведь, в сущности, иначе вообще не могла бы возникнуть жизнь на Земле. Действительно, живое могло возникнуть только из неживого. Значит, еще в доорганической природе в примитивной форме, но со значительной интенсивностью должны были протекать те реакции, которые бы обеспечивали необходимые условия для зарождения жизни, то есть реакции получения свободного кислорода в атмосфере различных органических веществ и аммиака. Из последних двух веществ могла возникнуть вся гамма азотсодержащих соединений вплоть до белков. Таким образом, реакции первич-

ного фотосинтеза вне организма, приводящие к образованию кислорода и органических соединений из углекислого газа и воды, и реакции образования аммиака из азота и воды должны были протекать еще до возникновения жизни на Земле. Во время зарождения жизни температура на поверхности суши и океанов не могла быть слишком высокой. Следовательно, рассматриваемые реакции могли протекать лишь каталитическим путем. Именно эти катализаторы в дальнейшем уже путем биологической эволюции превратились в ферментные системы, сохранив, однако, предшествующие им катализаторы в виде активных групп ферментов. Такими первичными катализаторами в доорганическом периоде были, вероятно, в основном ионы металлов переменной валентности. Представляется, что эти соображения в значительной мере подтверждают высказанный здесь тезис.

Сейчас это проверяется на разных других удивительных реакциях, осуществляющихся в организмах.

Но попробуем разобраться, есть ли в реакции фиксации азота промышленная перспектива.

Сам по себе гидразин представляет собой ценное топливо. Имея гидразин, можно получать всю гамму азотсодержащих органических соединений. Следует отметить также, что гидразин очень легко превращается в аммиак. Однако такому процессу получения аммиака очень трудно конкурировать с современным, прекрасно разработанным обычным методом производства аммиачных солей из азота и водорода. Реакция протекает при высоких температуре и давлении, под действием гетерогенных катализаторов. Но, с другой стороны, надо иметь в виду, что этот процесс, предложенный и осуществленный в 1914 году Габером и Бошем, потому-то и возник, что не было катализаторов, способных обеспечить протекание реакции фиксации азота воздуха при достаточно низких температурах. Чем выше температура, тем меньше термодинамический выход аммиака. А при низких температурах термодинамический выход практически составляет 100 процентов. Чтобы при высоких температурах (когда катализатор может работать) повысить выход, потребовалось применение высоких давлений. Итак, можно ли на основе открытых теперь катализаторов, работающих при комнатной температу-

ре, построить конкурентоспособный процесс получения аммиака? Пока это невозможно, поскольку гидроокись ванадия в этом процессе, в сущности, не является катализатором. Действительно, переходя из двухвалентного в трехвалентное состояние и тем самым отдав свою избыточную химическую энергию на образование гидразина, ионы ванадия перестают работать. Необходимо поэтому извлечь гидразин из раствора, а затем за счет энергии электрического тока перевести обратно трехвалентные ионы ванадия в двухвалентные. Помимо сложностей этого процесса, здесь требуется значительный расход электроэнергии. Решение проблемы сводится к тому, чтобы производить процесс перезарядки ионов без затраты электроэнергии, в ходе самого процесса получения гидразина. Нужно пытаться провести процесс по аналогии с растениями и животными организмами — либо за счет солнечной энергии, либо за счет окисления кислородом воздуха каких-либо дешевых органических веществ. Соответствующие работы только начаты. Если это приведет к нужным результатам, то новый процесс может оказаться наиболее выгодным. Мало того, если это удастся сделать с помощью солнечной энергии, то проблема искусственного фотосинтеза также будет решена.

Действительно, световая стадия фотосинтеза в конечном счете определяется реакцией $H_2O + CO_2 \rightarrow O_2 + CH_2O$. Это типично окислительно-восстановительная реакция, так же как и реакция фиксации азота, и она требует приблизительно такой же затраты энергии. Принципиально реакция могла бы идти при участии подобных же комплексных соединений.

Итак, допустим, что на этом пути удастся разрешить проблему фотосинтеза вне организма и получить хороший к.п.д. Допустим далее, что мы сумеем поднять к.п.д. использования солнечной энергии до 20 процентов, то есть сделать его примерно вдвое большим, чем максимальный «биологический» к.п.д. фотосинтеза в растениях. (Конечно, это лишь предположение, не имеющее пока экспериментальных подтверждений.) Большие пластмассовые кассеты, содержащие водный раствор исходных веществ, будут располагаться на огромных пространствах энергетических полей. Под действием солнечной энергии в кассетах будут образовываться богатые химической энергией продукты реакции. Эти ра-

створы будут медленно циркулировать, попадая на соответствующие подстанции, где будут извлекаться богатые энергией конечные продукты и добавляться исходные. Таким путем будет осуществляться непрерывный сбор энергетического урожая.

Это, конечно, лишь схема, вероятно, далекая от реального осуществления. Для размещения энергетических полей следует использовать пустынные и полупустынные местности с большой солнечной радиацией, непригодные для сельского хозяйства. Общая площадь этих энергетических полей, как мы себе представляем, должна составлять 10^9 гектаров, то есть примерно вдвое меньше, чем занято под сельскохозяйственными полями и лугами сейчас. Для примера можно взять карту с изображением контуров Европы, Африки, Аравийского полуострова и небольшой части Восточной Азии, где проживает примерно четвертая часть человечества. В этом районе для энергетических полей потребуется также четвертая часть от 10^9 гектаров, то есть $2{,}5 \cdot 10^8$ гектаров. Количество пустынь и полупустынь в этом районе значительно больше, чем указанная площадь.

Население Северной и Южной Америки составляет около $^1/_4$ от общего числа людей. Здесь также имеются пустыни и полупустыни. Сложнее будет обстоять дело в основной части Азии и архипелагах, расположенных между Азией и Австралией, где живет более $^1/_2$ всего человечества и где есть только пустыня Гоби и пустынная местность северной и центральной части Австралии. Итак, как показано выше, площадь всех энергетических полей равна 10^9 гектаров, энергетическая урожайность с гектара — $3{,}4 \cdot 10^9$ ккал в год. Общая энергетическая урожайность в мире составит $3{,}4 \cdot 10^9$ ккал/га $\times\ 10^9 = 3{,}4 \cdot 10^{18}$ ккал в год в виде богатого химической энергией продукта. Как мы знаем, при сжигании всех добываемых в год горючих ископаемых получается $5{,}6 \cdot 10^{16}$ ккал. Таким образом, использование солнечной радиации позволило бы увеличить энергетические ресурсы человечества в 60 раз.

Использование солнечной энергии, как, впрочем, и термоядерной, требует прежде всего активного научного исследования. Между тем над осуществлением управляемой термоядерной реакции D + D трудится огромное число ученых у нас и за рубежом, а над науч-

ными основами проблем использования солнечной энергии целеустремленных работ практически не ведется.

Несколько пугает огромная площадь энергетических полей, необходимых для собирания рассеянной солнечной энергии. Однако использование солнечной энергии для целей синтеза пищи, то есть в сельском хозяйстве, требует также огромных площадей, больших капиталовложений и расхода труда и средств на их эксплуатацию, причем тем больших, чем выше мы хотим получить урожай.

Использование солнечной энергии не вызовет перегрева Земли, а значит, каких-либо изменений климата, не несет никаких опасностей отравления земли и воздуха вредными веществами. Оно является вечным источником энергии.

Итак, мы рассмотрели возможности использования солнечной энергии путем фотосинтеза в специально подобранных химических системах вне организма. Но нельзя окончательно исключить и чисто тепловой путь использования солнечной радиации. Лет 30—40 назад многие ученые и инженеры увлекались проектированием и даже созданием такого рода солнечных машин, в общем неплохо работающих.

Однако уже тогда было ясно, что массового значения эти установки не будут иметь. Между тем само существование парникового эффекта позволяет поставить вопрос, не удастся ли найти такие вещества, которые предохраняли бы «парники» от потерь тепла в землю и от потерь теплового излучения в атмосферу с таким расчетом, чтобы в «парниках» создалась температура в несколько сот градусов (хотя бы для районов, примыкающих к экватору).

Интересно, что в конце своей жизни Жолио-Кюри, один из главных создателей научных основ использования атомной энергии, выдвигал на первый план использование солнечной энергии.

Уже в настоящее время следовало бы создать мировое сотрудничество ученых по разработке научных основ использования солнечной энергии путем искусственного фотосинтеза вне организма. Работы эти крайне важны, так как если здесь откроются какие-либо практические перспективы, то их осуществление может при-

вести к очень важным результатам как в смысле энергетики, так и в смысле возможности синтеза искусственной пищи и кормов.

Солнечная энергия не только постоянна, но и огромна. Солнце является наиболее мощным источником энергии для Земли. Кроме того, использование солнечной радиации таит в себе возможность контроля изменения климата за счет охлаждения чрезмерно жарких областей и утепления более холодных. Конечно, все эти возможности будут тесно связаны с перспективами, которые откроют научные исследования конца нашего и начала XXI века.

Я думаю, что по всем направлениям поиска новых грандиозных источников энергии (атомные котлы-размножители, термоядерные реакции, солнечная энергия, а может быть, энергия подземного тепла) надо вести целеустремленные исследования.

* * *

Но представим себе, что управляемая термоядерная реакция D + D будет осуществима. Как предел ее использования мы получаем цифру, в 700 раз превышающую энергию ископаемых топлив, получаемую сейчас в год. При этом мы будем обладать энергией, более чем в десять раз большей, чем энергия, которую мы сможем получить при указанных условиях от использования солнечной энергии, собираемой с огромных полей. Понадобятся ли в этом случае энергетические солнечные поля?

Вспомним, что использование термоядерной энергии реакции D + D станет технически возможным, быть может, через 100 лет, а построение множества таких реакторов потребует еще лет пятьдесят. За это время человечество успеет сильно истощить запасы горючих ископаемых и таким образом лишить будущие поколения удобного сырья для органического синтеза и для самых основных проблем будущего, которую смогут решить солнечные энергетические поля.

Но для этого надо решить очень трудную научную задачу — найти пути проведения реакции фотосинтеза, то есть получения органических соединений на базе CO_2 и воды под действием солнечной энергии вне организма. Безграничные запасы CO_2 содержатся в виде кар-

бонатов. И если нам удастся решить указанную проблему, мы сможем всегда получать ежегодно количество органических продуктов в 60 раз больше, чем мы добываем сейчас подземных ископаемых. Вот главная цель решения проблемы использования солнечной энергии.

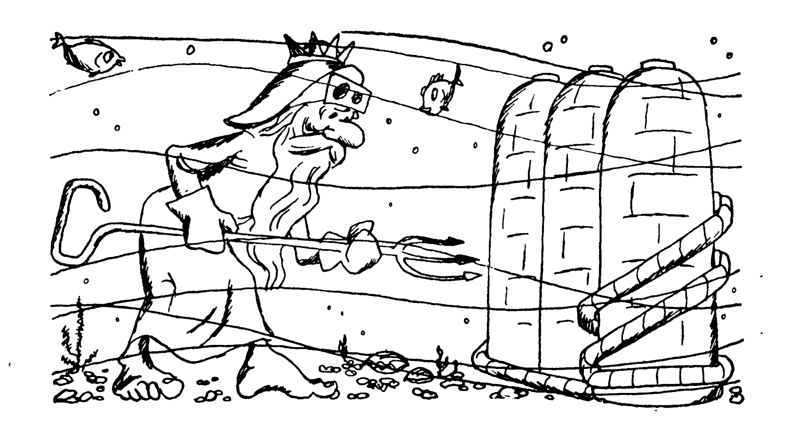
Это навсегда избавит человечество от опасности исчерпания запасов горючих ископаемых для целей органического синтеза. Кроме того, получаемые с энергетических полей органические вещества и переработанные либо с помощью уже сейчас разрабатываемых микробиологических методов, либо путем химического синтеза могут стать основой корма для скота. Если сейчас эти процессы еще не имеют существенной перспективы, так как в настоящее время мы более ограничены запасами нефти, чем пищи, то в будущем они, наоборот, могут стать основными. Следует иметь в виду, что при принятом к.п.д. в 20 процентов для преобразования солнечной энергии в химическую урожайность энергетических полей будет более чем в 10 раз превышать лучшие возможные урожаи сельскохозяйственных полей (15 тонн сухого вещества с гектара).

При хорошем к.п.д. превращения органических веществ микробиологической и химической промышленностью удастся получать кормов с гектара в 40 раз больше, чем в настоящее время.

* * *

Огромное изобилие электроэнергии создает основу для неограниченного получения любых металлов. Дело в том, что чем менее богаты металлом руды, тем больше энергии необходимо затратить на их добычу и обогащение. Богатые месторождения будут довольно быстро исчерпаны (подобно залежам горючих ископаемых). Поэтому с течением времени придется использовать все более бедные руды, и здесь не обойтись без значительной затраты энергии. Научившись обогащать бедные, обычно полиметаллические руды, мы сможем получать широкий ассортимент металлов, так как в рассеянном виде все они имеются в большом количестве в земной коре, в расплавленной магме под земной корой да и в океане.

Современные научные исследования показали, что



мы находимся на грани технико-экономической возможности извлечения золота и особенно урана из морской воды, хотя эти металлы находятся там в ничтожных концентрациях. Такая возможность открылась в результате развития и применения методов сорбции, в частности с использованием ионообменных смол, а также различных типов экстрагентов.

Уже сейчас начинает развиваться гидрометаллургия, основанная на растворении ценных компонентов пород в активных химических средах и последующем извлечении нужных элементов методами сорбции и экстракции. Гидрометаллургия близка к соревнованию с пирометаллургией — огневой («горячей») металлургией.

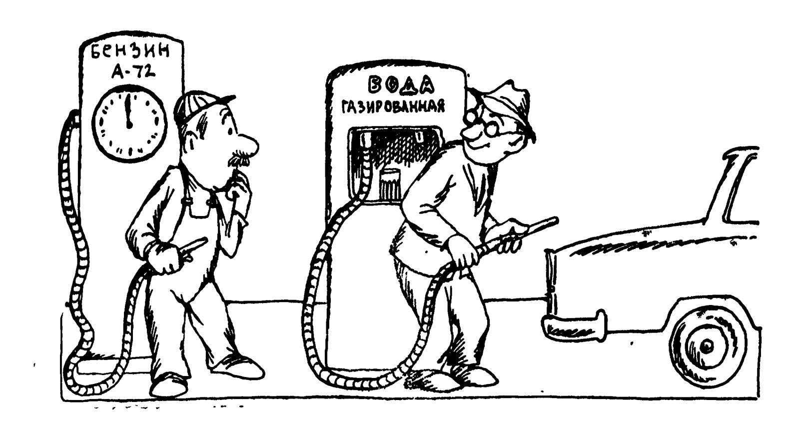
Не исключена возможность, что в будущем при наличии большого количества дешевой энергии эта «холодная» металлургия в какой-то степени вытеснит «горячую». А во многих случаях соревнование перейдет в содружество.

Огромное распространение получит применение электролиза, электротермии, плазмохимии. Не менее серьезные изменения произойдут в области обработки металлов, где электрохимические, искровые и лазерные методы станут основными. И вообще огромные электроресурсы дадут основу для коренного изменения технологии в химической и металлургической да и машиностроительной промышленности и в промышленности стройматериалов.

Сейчас глубокая очистка вещества, будь то жаропрочные, или жаростойкие, или полупроводниковые материалы, будь то мономеры для получения разного рода полимерных материалов, стоит очень дорого. При неограниченном количестве дешевой энергии все процессы очистки будут осуществляться в гораздо более массовом масштабе.

Огромное распространение приобретет каменное литье для строительства жилищ и дорог. При этом любой грунт на месте строительства можно будет превращать в литой материал. Много электроэнергии потребуется для полной электрификации сельского хозяйства с переводом на электроэнергию всех тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин с широчайшим развитием электрифицированных оранжерейных и парниковых хозяйств, а также для электрифицирования ферм и для всех других нужд сельского хозяйства.

Мы уже упоминали о больших возможностях методов сорбции и экстракции. Эти и подобные методы со временем будут широко применены для очистки промышленных сточных вод, что позволит создать на заводах циркуляционные замкнутые системы водопользования, сократить забор воды в сотни раз и практически совсем исключить вредные выбросы в реки и озера. Это единственный путь к прекращению наконец повсеместного отравления вод промышленными предприятиями. Заводы выбрасывают вредные вещества и в атмосферу. При избытке электроэнергии и здесь удастся навести порядок. Для очистки от вредных аэрозолей можно будет создать широчайшую сеть усовершенствованных электрофильтров и нового типа фильтрующих материалов. Что же касается более сложной задачи — избавления от вредных химических газов, таких, как сернистый газ, окислы азота, выбросы заводов органического синтеза, то это потребует разработки новых методов, которым также будет нужно большое количество электроэнергии. Однако все очистные сооружения дадут одновременно и экономию за счет более полного использования сырья. Сейчас, например, в воздух выпускается столько сернистого газа, что при его использовании можно было бы увеличить в несколько раз производство серной кислоты. Мы должны приложить все усилия, чтобы в будущем воздух и вода



нашей планеты были чистыми и совершенно безвредными.

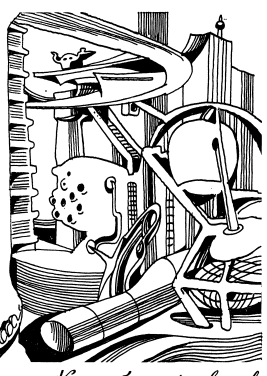
Одна из самых важных проблем, стоящих перед человечеством — восполнение недостатка пресной воды. Прогрессивный рост дефицита воды лет через пятьдесят поставит человечество перед катастрофой водного голода. Решением этой задачи, конечно, занимаются и сейчас, создавая новые водохранилища, разрабатывая проекты использования вод северных рек для засушливых южных районов. Сюда относится и перевод технологии промышленных предприятий на полностью замкнутые циклы. То же следует сделать для фекальных вод. Уже сейчас на базе энергии атомных котлов и других источников электроэнергии в отдельных местах мира и, в частности, в СССР создаются установки по опреснению морской воды.

В будущем, когда в нашем распоряжении окажется в десятки раз больше энергии, чем сейчас, опреснение воды, видимо, примет широкие масштабы, во всяком случае, достаточные для обводнения довольно больших засушливых территорий, примыкающих к берегам морей и океанов (например, таких, как западные районы Северной и Южной Америки, севера Австралии, севера Африки и южных районов Советского Союза, примыкающих к берегам Черного и Каспийского морей). Когда человечество будет обладать запасом энергии, в сотни раз превышающим современный уровень, то опреснение океанских вод примет широчайшие

масштабы, на что пойдет значительная доля добываемой энергии.

Из этого краткого, далеко не полного перечня потребностей видно, что лет через сто при увеличении населения земного шара в 5 раз необходимо, по крайней мере, в 20—40 раз увеличить производство энергии против настоящего уровня, что, по-видимому, будет реально возможно. Это потребует, конечно, больших коллективных усилий народов всех стран.

Все люди должны знать и понимать, что только от них зависит создание полностью обеспеченного существования для себя и потомков.



Каким будет производство на рубеже XX и XXI веков, рассказывают доктора наук А. Е. Кобринский и Н. Е. Кобринский

Понятие «производство» имеет буквально всеобъемлющий характер. Оно охватывает взаимоотношения людей, взаимоотношения между людьми, природными ресурсами и машинами, взаимоотношение между машинами.

Возделывание земли и добыча полезных ископаемых, обработка изделий и их сборка, создание новых машин, материалов и технологии, технический контроль и стандартизация, складирование и снабжение, подготовка квалифицированных кадров и техника безопасности, восстановление и сохранение природных ресурсов — каждая из бесчисленных граней производства по-своему преломляет его особенности. Для социалистического производства все его грани обращены к единой цели — максимальному удовлетворению непрерывно возрастающих материальных и духовных потребностей членов общества. На это направлены планы народного хозяйства, отраслей и предприятий. Стратегия развития нашей экономики, фундаментом которой является производство, воплощена в перспективных прогнозах и планах, тактика — в повседневном оперативном управлении каждой его ячейкой, создающей окружающий нас мир вещественных богатств.

Без устали, днем и ночью, работает производство, порождая гигантские потоки вещей — предметов и орудий труда, потребительские блага. Изо дня в день нарастает скорость этого потока все новых вещей, и этот непрерывно ускоряющийся и расширяющийся кругооборот — отличительная особенность социалистического расширенного производства.

Открывая в кухне кран, мы «добываем» воду, поворачивая рукоятку — «добываем» газ для приготовления пищи. По трубам текут вода и газ, нефть и бензин, фруктовые соки и минеральные воды, из труб собираются строительные конструкции, нет буквально ни одной машины, в которой не применяются в том или ином виде трубы и трубочки.

Сколько же надо таких разных труб и трубочек, чтобы их использовать непосредственно или для изготовления других изделий? Сотни, тысячи, десятки тысяч?!

Нет! Тот «минимум-миниморум», без которого современному производству никак не обойтись, составляет около миллиона. Вдумайтесь в это число! Миллион

разных труб, из разного материала, разного диаметра, с разной толщиной стенок, и каждый сорт, говоря словами Козьмы Пруткова, «необходимо причиняет пользу, употребленный на своем месте».

Доброй славой пользуются в нашей стране магазины «Тысяча мелочей». Название это явно рассчитано на то, чтобы поразить покупателей внушительностью ассортимента товаров. Но изобретатели этого названия ошиблись по меньшей мере в сто раз: не тысяча, а более ста тысяч — таково действительное число разных мелочей в магазине «Тысяча мелочей». Но и это лишь малая часть многомиллионного набора материальных благ, создаваемых производством для удовлетворения потребностей нашего современника.

Язык цифр скуп и непригоден для описания красот природы и эмоций человека. Согласитесь, однако, что вряд ли можно найти более впечатляющий образ того мира вещей, которые человек поставил себе на службу, чем многоразрядные числа, характеризующие меру его богатства. Для нашего социалистического производства 70-х годов этой мерой является около двух десятков миллионов разных вещей, разных в полном смысле этого слова, ибо нет среди них двух совершенно одинаковых по своим свойствам, назначению, технологии производства и применения, способностям удовлетворять многообразные общественные потребности. Говоря профессиональным языком экономиста, плановика, технолога, инженера, такова номенклатура производимой и потребляемой у нас продукции. И в создании каждой из этих вещей — консервной банки и турбогенератора, газеты и телевизора, велосипеда и сверхзвукового лайнера — участвуют мозг и руки человека.

А ведь были далекие времена, когда человек даже и представить себе не мог, что он когда-либо изобретет металлическую трубу; менее далекие времена, когда у него и мысли не возникало о ежедневной газете; и сравнительно недавние времена, когда он не подозревал, что научится консервировать пищу.

Почему мы вспоминаем обо всем этом в статье, которая должна быть обращена в будущее, должна быть взглядом вперед, а не оглядкой на далекое прошлое?

Мы сделали это с единственной целью — вскрыть те движущие силы, зная которые можно строить про-

гнозы о будущем производства с минимальным риском попасть впросак, фантазировать на реальной основе. Эту основу составляют прогнозы и программы социально-экономического развития народного хозяйства СССР до 2000 года, разрабатываемые многочисленными коллективами специалистов, снабженных современным арсеналом научных методов и технических средств. Прогнозы строятся в соответствии с направлениями технической политики, выработанной XXIV съездом КПСС, и зиждутся не только на реальной основе, но и на конкретных прогнозных расчетах развития отдельных отраслей, характеризующих движение нашей экономики к целям, которые перед ней поставлены на предстоящие 25 лет.

Но каким будет производство, скажем, через 50 лет? Останутся ли незыблемы те движущие силы, которые определяют его развитие сегодня, те общие тенденции, которые лежат в основе прогнозов до 2000 года? Или с наступлением XXI века они претерпят коренные изменения? Какими будут его техника и технология?

Эти вопросы отнюдь не плод простого любопытства или любознательности.

Какой бы конкретный период будущего ни охватывали разрабатываемые прогнозы и программы, всегда необходимо считаться с тем, что этим периодом существование общества не завершается и условия его дальнейшего развития во многом определяются в прогнозируемом отрезке времени. Иными словами, реализация прогнозов и планов, намечаемых на ближайшую четверть века, имеет огромное значение для развития производства и в следующую четверть века. Вот почему поставленные вопросы уже сегодня требуют ответа.

Ясно, что речь идет не о том, чтобы определить технико-экономические характеристики производственных процессов, методы и технические средства управления ими, номенклатуру продукции. Но представить себе производство XXI века в самых общих чертах, пусть даже чуть-чуть фантазируя, безусловно, необходимо и возможно! Для этого нужно прежде всего довести до логического конца начатый нами разговор о движущих силах развития социалистического производства, имея в виду, что цель его столь же незыблема, как и сами принципы социалистического общества.

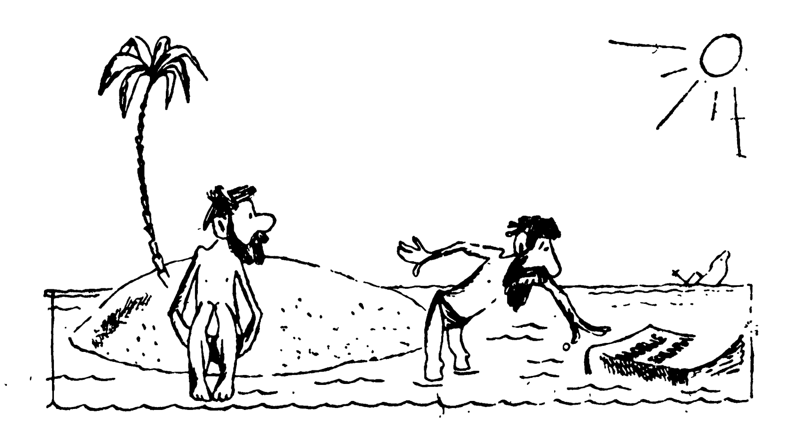
Одну из этих движущих сил мы уже фактически вскрыли — это непрерывное стремление каждого человека и общества в целом ко все большему разнообразию благ. Но можно задаться вопросом: так ли уж неизбежен и вечен этот принцип? Нельзя ли принудительно ограничить это «ужасное», казалось бы, расточительное разнообразие, свести его до некоторого узаконенного, жесткого и неизменного минимума, годного на много лет вперед, ну хотя бы до 2050 года?

Каждому понятно, что такое ограничение противоестественно, противоречит природе людей, их общественной организации. Мысль человека работает непрерывно, исследуя все вокруг себя и обращаясь внутрь. Стремясь продлить жизнь человека, врачи, биологи, биохимики изучают причины все новых болезней, изобретают все новые лекарства. Так что же, до 2050 года не изготавливать новые лекарства, не создавать и не синтезировать новые вещества для их производства, новые машины и аппараты для их массового выпуска?

Миллионы автомашин отравляют воздух городов! Так что же, прекратить разработку новых транспортных средств, не загрязняющих атмосферу? До 2050 года не создавать новые виды материальных и духовных благ и не подготавливать заблаговременно необходимые условия для их производства?

Конечно, основной закон социализма — всемерное удовлетворение непрерывно растущих потребностей человека — отнюдь не исключает определенные, разумные ограничения на ассортимент потребительских благ, особенно таких, которые можно называть благами только в кавычках. Вопрос заключается в том, что является критерием разумности ограничений. Ясно, что на него не существует раз навсегда заданного ответа. Можно, однако, утверждать, что в социалистическом обществе такие «блага», как наркотики и порнографические фильмы, никогда не будут считаться разумными. Мы убеждены также в том, что наше общество всегда сумеет выбрать критерий для оценки разумности тех или иных ограничений. Но в своей основе принцип непрерывно расширяющегося разнообразия благ всегда будет одной из главных движущих сил в экономической жизни общества.

Столь же незыблема и вечна вторая движущая си-



ла, диктующая научно-технический прогресс и определяющая развитие общественного производства, — всемерная экономия человеческого труда.

Когда первобытный человек, впервые взяв палку в руки, сшиб ею высоко висящий плод, он, наверное, сказал своей компании что-нибудь такое:

— Вот чудеса! То надо было лезть на дерево, обдирать живот и ноги, тратить столько времени да еще, чего доброго, рисковать сорваться с ветки. А палкой — раз, два — и готово дело. Какая огромная экономия труда и высокая эффективность процесса!

Может быть, он выражался не совсем так, но, во всяком случае, он именно это имел в виду, когда стал обзаводиться первыми орудиями труда. В последующие тысячелетия люди научились понимать, что разумно частично затрачивать труд и время на производство орудий труда, применение которых с лихвой компенсирует усилия, ранее затраченные на их изготовление. Много позже индустриализация показала, что еще выгоднее предварительно изготовлять машины, производящие средства труда. Теперь производство достигло такой стадии, когда сначала создаются машины для производства машин. Развитие все более косвенных и поэтому все более эффективных процессов производства — основа основ их интенсификации, обеспечивающей экономию труда. А это неизбежно приводит к росту разнообразия предметов и орудий труда.

Итак, мы определили две «вечные» движущие силы производства: рост его разнообразия, куда входит

и потребление, и экономия затрачиваемого на него труда. Как же найти их «равнодействующую», совместить, казалось бы, столь же несовместимое, как огонь и вода?

Существует только один путь решения этой коренной социально-экономической проблемы — неуклонное повышение производительности общественного труда, достижение такой производительности, при которой каждая единица человеческого труда в максимальной степени увеличивает общественное богатство. Таков непреложный и вечный закон социалистической экономики.

Теперь мы вооружены достаточно надежным путеводителем и можем отправиться вперед, к XXI веку. Остается лишь выбрать отправные точки нашего маршрута, точнее — его начальный отрезок. Им будет та общая тенденция в развитии производства, которая уже наметилась сегодня и определена на ближайшие десятилетия Директивами XXIV съезда КПСС. Без особого риска можно утверждать, что она получит дальнейшее развитие и в последующие десятилетия.

* * *

Следует с самого начала сказать, что не только в одной статье, но и в целой книге невозможно охватить в сколько-нибудь полном объеме все то гигантское разнообразие идей, технических решений и технологических процессов, которые составляют содержание того, что в настоящее время включает понятие «производство». Тем сложнее становится такая задача, когда речь идет о прогнозе на будущее, охватывающее такой значительный промежуток времени, о котором идет речь в этой книге.

Любой прогноз — это в первую очередь процесс экстраполяции, базирующийся на компетентных и хладнокровных оценках того, что было в прошлом, и того, чем мы располагаем в настоящем. Но это процесс не простой, или, как говорят, линейной экстраполяции, позволяющий путем вычисления некоторых коэффициентов пропорциональности и прямого умножения определить, что нас ждет в будущем.

В начале нашего века к «чудесам» техники относи-

ли паровоз, проволочный телеграф, электромотор, пианолу (механическое пианино), простой арифмометр. Некоторые из подобных «чудес» уже сошли или сходят со сцены. В цехах заводов нет трансмиссионного привода, на железных дорогах уже редко встречается паровоз, а слово «пианола» требует дополнительного пояснения, хотя еще в начале века этот музыкальный автомат был распространен довольно широко.

Многие из «чудес» недавнего прошлого исправно служат людям до сих пор. При желании можно было бы, например, сосчитать, во сколько раз за прошедшую четверть века увеличились длина телеграфных линий, количество электродвигателей и арифмометров, и рассчитать, как они будут увеличиваться в дальнейшем. Эти цифры, быть может интересные сами по себе, не могут, однако, служить основными характеристиками научно-технического прогресса в настоящем и тем более в будущем.

Техника и технология прошлого явились тем культурным слоем, той почвой, на которой выросло наше современное производство. Процессы усовершенствования орудий труда, изобретения и внедрения новых машин и материалов, способов обработки шли и идут непрерывно со все возрастающей интенсивностью. Слой за слоем накапливается человеческий опыт в области научно-технического творчества. Ежедневно и ежечасно в различных сферах производства появляются ростки новых идей, методов и средств. Этим росткам предстоит пробить себе путь сквозь густые заросли приемов и решений, ставших сегодня уже традиционными и общепринятыми.

А тому, кто пытается ответить на вопрос, как будет выглядеть производство в будущем, надо уметь сегодня разглядеть новое, только еще нарождающееся, существующее в лабораторных разработках, первых макетах, неуклюжих опытных образцах, пока еще мало связанное с настоящим производством. И не только разглядеть это новое, но и оценить его значение и место, которое оно займет в ближайшем и более отдаленном будущем.

Фронт научно-технического прогресса сейчас имеет такую протяженность и продвигается с такой скоростью, что нет ни возможности, ни даже смысла пытаться побывать на всех его участках, даже если речь идет

не обо всем производстве в целом, а только об отдельных его отраслях.

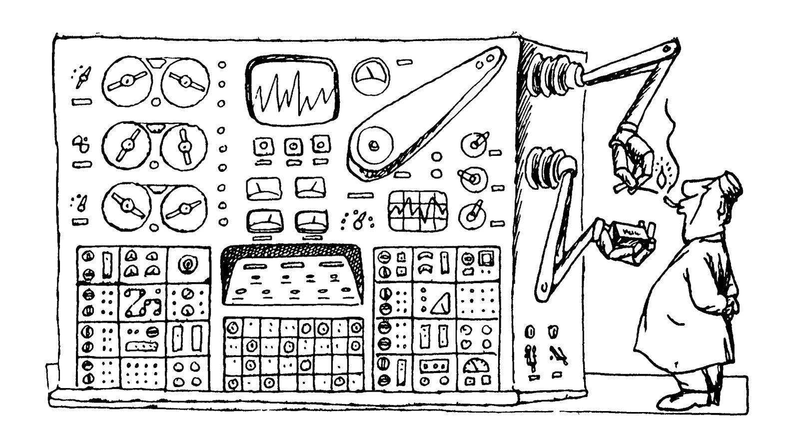
Единственный путь, который нам остается, — это выбрать одну из наиболее важных отраслей и попробовать охарактеризовать ближайшее будущее этой отрасли, определить главное направление, по которому идет ее развитие.

Марксизмом-ленинизмом научно доказано, что исторически исходным пунктом создания материально-технической базы социализма и коммунизма является крупное машинное производство.

Машиностроение — сердцевина такого производства, поставляющего ему необходимые орудия труда и обеспечивающего эффективное высокопроизводительное выполнение технологических процессов. Современные тенденции науки и техники показывают, что основным направлением в развитии орудий труда является последовательная замена машин, требующих ручного управления, автоматами.

Итак, автоматизированное машинное производство, автоматизация технологических процессов — вот та база, которая должна образовать прочный фундамент будущего коммунистического общества. Теперь мы добрались до одной из важнейших проблем научно-технического прогресса, на решение которой сейчас партия и правительство направляют большие средства и концентрируют усилия нашего общества.

Автоматизация — вот тот важнейший участок, на котором фронт научно-технического прогресса продвигается быстрыми темпами. Автоматизация уже глубоко проникла в самые различные отрасли производства. Сегодня существуют автоматизированные электростанции, нефтеперерабатывающие и химические заводы, автоматизированные участки. Только за первые два года девятой пятилетки в промышленности СССР внедрено более трех тысяч автоматических линий, проектируются, строятся и внедряются сотни и тысячи типоразмеров автоматических машин и оборудования, обрабатывающих металл, пластмассы, дерево, изготавливающих пищевые продукты, лекарства, папиросы, сигареты, спички, посуду — сотни, тысячи наименований изделий, которые во все расширяющемся ассортименте требуются в сферах производства и потребления.



Но для нас сейчас важно не столько убедить себя и читателя в том, что уровень автоматизации производства непрерывно возрастает. Главная наша задача состоит в том, чтобы вскрыть определенное противоречие, свойственное этому процессу, и указать пути его преодоления, по которым идет современное производство.

Десятки тысяч осин и елок поступают на лесопилки спичечных фабрик. И ежедневно вывозятся с фабрик вагоны ящиков, наполненных коробками спичек.

Автоматы делят бревна на чурки определенной длины, с помощью широких ножей «развертывают» чурку в бесконечную ленту, примерно так же, как раскручивают бинт, прессуют эту ленту стопками и рубят из нее так называемую соломку. Соломка должна быть пропитана специальным составом, чтобы спичка горела без тления; затем ее надо высушить, очистить, отполировать и отделить брак. Только после этого начинается процесс превращения соломки в спички.

Все это делают автоматы. А к моменту, когда спичка готова, другие автоматы изготавливают и подают к набивному автомату коробки. Можно сказать, что к коробку спичек на довольно долгом пути его изготовления не притрагивается рука человека, так же, как она не притрагивается к продукции хлебозавода-автомата, к пакету молока, коробке консервов.

Между сырьем и готовой продукцией выстраивается целый комплекс узкоспециализированных автоматов,

автоматических линий, автоматического оборудования. Только благодаря этому вы можете в любом табачном киоске за одну копейку купить красивую коробочку довольно сложной конструкции (попробуйте присмотреться, как она устроена!), набитую пятьюдесятью спичками.

Но прежде чем воспользоваться преимуществами автоматизированного процесса, необходимо создать тот самый комплекс оборудования, который этот процесс обеспечивает. Конечно, можно представить себе узкоспециализированные заводы-автоматы, производящие только автоматы для производства спичек, и другие заводы-автоматы, которые выпускают только автоматы для изготовления сосисок, и третьи — только для конфетных автоматов и т. д.

Однако наивность такой картины машиностроительного производства очевидна с первого взгляда. Ведь спички и хлеб, газеты и книги, мануфактура, гвозди и электролампочки производятся ежегодно, ежедневно и ежечасно миллионами и миллиардами штук, экземпляров, метров и килограммов, причем конструкция этих изделий сравнительно проста и годами и десятилетиями остается неизменной либо меняется не очень существенно. В этих условиях строить для их производства автоматические линии, цехи, заводы-автоматы имеет прямой смысл. А машины и автоматическое оборудование, выпускающие подобную массовую продукцию, нужны в несоизмеримо меньших количествах, зачастую их приходится строить в единичных образцах или сериями в тысячи, сотни или десятки штук. И, кроме того, они, как правило, чрезвычайно сложны по конструкции, нередко состоят из тысяч и десятков тысяч деталей, «морально» очень быстро устаревают, в силу чего должны непрерывно совершенствоваться. Это, в свою очередь, неизбежно связано с изменениями их устройства, принципов действия и конструкции.

Чем шире внедряется в различные отрасли производства автоматизация, тем шире номенклатура необходимых для этого машин, автоматов и автоматических линий, устройств, приборов.

Ясно, что создавать для их производства узкоспециализированное оборудование бессмысленно. Если же для их проектирования, изготовления и модернизации пытаться использовать обычные универсальные методы,

средства и технику, то производство автоматического оборудования потребует затрат таких средств, времени и квалифицированного человеческого труда, что «овчинка не будет стоить выделки».

В этом и состоит противоречие, свойственное широкому внедрению автоматизации. А разрешить его можно лишь единственным путем. Массовая продукция выпускается и будет выпускаться высокопроизводительными автоматическими и автоматизированными производствами, принципы создания которых уже становятся общепринятыми, традиционными. А оборудование для этих производств должно производиться с использованием новых, нетрадиционных методов и техники.

Эти методы и техника должны быть высокоэффективными, когда речь идет о производстве и обработке деталей и изделий, выпускаемых и единичными образцами, и малыми и большими сериями. Они должны быть готовы к быстрому переходу от производства одного вида продукции к другому виду, от деталей одного типа к деталям другого типа. Эти методы и техника должны совмещать в себе гибкость и приспосабливаемость обычного универсального оборудования, обычных токарных, фрезерных, расточных и других станков, требующих для своего обслуживания квалифицированных станочников, с точностью и производительностью автоматических машин, действующих без непосредственного участия человека.

За истекшую четверть века такие методы и техника также разработаны. Это методы цифровой автоматизации: машины, станки и оборудование с цифровым управлением.

Современный станок с цифровым управлением работает по программе, носителем которой обычно служат специальные магнитные ленты, примерно такие же, что используются в магнитофонах.

Невидимые глазу сигналы, записанные на эти ленты, управляют движением всех рабочих органов станка, движением резца, фрезы, заготовки. В результате этих движений производится обработка изделий.

Универсальные станки обычного типа можно сравнить с роялем. На нем можно исполнять самые различные произведения, но... нужен квалифицированный пианист. Станкам нужен токарь, фрезеровщик. Узкоспециа-

лизированный автомат можно сравнить с шарманкой, пусть самой высококлассной по исполнению. Она играет всегда одну и ту же мелодию. А станки с цифровым управлением — нечто вроде магнитофона. Чтобы его пустить в ход, нужна только программа — лента, несущая набор отметок. Станок «поймет» их и автоматически обработает соответствующее изделие. А если понадобится обработать другое изделие, то достаточно заменить ленту, установить новую заготовку, заменить инструмент.

Такой автомат действительно приобретает в значительной мере те свойства, которыми обладает система, состоящая из универсального станка и высококвалифицированного станочника, — приобретает универсальность. А производительность этого автомата несравненно выше — он не утомляется, не отвлекается, ему не надо «привыкать» или «переучиваться» при переходе от обработки одного изделия к обработке другого.

Цифровые методы автоматизации как нельзя лучше отвечают двум сформулированным ранее принципам. Они не только обеспечивают экономию дорогостоящего ручного труда, они обеспечивают удовлетворение все растущих требований к разнообразию продукции машиностроительного производства — разнообразию, которое, в свою очередь, диктуется все растущими потребностями в отношении разнообразия потребительских благ.

Станки и оборудование с цифровым управлением эффективно решают одну из важнейших задач автоматизации машиностроительного производства. Вот почему созданию этих систем уделяется такое внимание как у нас в стране, так и за рубежом.

У читателя может возникнуть естественный вопрос: а как быть с программами, откуда их брать?

Станки с цифровым управлением — детища электронных цифровых вычислительных машин ЭВМ. ЭВМ берут на себя львиную долю труда при подготовке программ, и только благодаря этому идея цифрового управления машинами могла быть воплощена в жизнь. Как участие человека в работе обычных станков сделало их универсальными, так «участие» электронных вычислительных машин сделало универсальными автоматы с цифровым управлением.

Четверть века назад была начата их разработка.

Лет пятнадцать назад первый этап создания станков нового типа был более или менее завершен. В 1960 году во всем мире насчитывалось, вероятно, не больше 200—300 станков с цифровым управлением. В 1962 году в США находилось в эксплуатации 1500 станков с цифровым управлением, в 1964 — свыше 4000, в 1967 — 10 000, к настоящему времени свыше четверти всех выпускаемых станков оснащается системами цифрового управления. Эта картина широкого развертывания фронта работ в области цифровой автоматизации характерна не только для США и нашей страны, но и для ряда других высокоразвитых стран. Именно она и определила одно из важнейших направлений в области научно-технического прогресса за истекшую четверть века. Но, как ни много уже достигнуто в этой области, сделаны лишь первые шаги. Возможности методов и средств цифровой автоматизации не только не исчерпаны, их применение фактически только еще началось. Можно с уверенностью сказать, что в 2000 году инженеры и технологи на наше оборудование с цифровым управлением, на его современные возможности и широту использования будут смотреть примерно так же, как современные авто- и авиастроители смотрят на первые автомобили и аэроплан братьев Райт, то есть с доброй и насмешливой улыбкой.

Предстоящая четверть века будет характеризоваться в первую очередь гигантским количественным скачком в области производства станков и машин с цифровым управлением, расширением их типажа и номенклатуры. Станки типа так называемых «обрабатывающих центров», оснащенные целыми наборами режущего инструмента, включающими десятки резцов, сверл, метчиков, разверток и т. д., могущих без перестановки заготовки выполнить над ней по заданной программе десятки различных операций, высокоточные и высокопроизводительные станки для изготовления самых сложных деталей и изделий из легких сплавов и из высоколегированных сталей, для механической обработки, для газовой резки и штамповки. Подобное оборудование сейчас разрабатывается, уже имеется на производстве и будет строиться многими тысячами.

Но главное, конечно, не в этом количественном скачке, неизбежность которого очевидна сейчас.

Цифровая автоматизация, пусть пока очень робко,

но уже захватывает самые различные звенья технологического процесса.

Технологический процесс машиностроительного производства — это не только обработка деталей. Это длинная цепь операций и действий, включающая самые различные этапы: и непосредственно разработку самого процесса, и выборы оптимальных режимов резания, и распределение припусков на обработку деталей, и контроль заготовок перед обработкой, и контроль обработанных деталей, и сборку изделий.

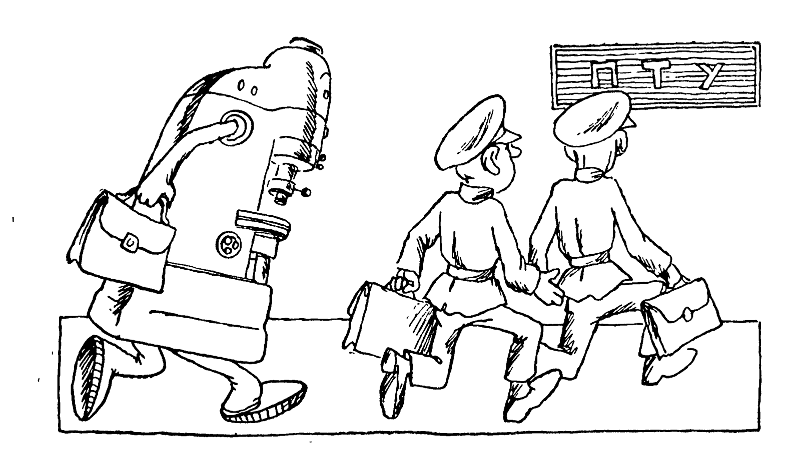
Сейчас выполнение многих из этих процедур требует применения человеческого труда — труда квалифицированного и в больших количествах. В ближайшей перспективе этот живой труд должен быть и будет заменен системами, действующими на «цифровых механизмах».

На нескольких примерах попытаемся показать читателю новые идеи, принципы их применения, которые сегодня разрабатываются и совершенствуются, а в недалеком будущем получат широкое применение в машиностроительном производстве.

* * *

Программу для станков с цифровым управлением считает ЭЦВМ. Все данные для подготовки программы сегодня задает человек. Первое, второе, третье, сотое изделие станок обрабатывает по одной и той же программе.

Хорошо, если человек может составить программу так, чтобы получить от станка максимум того, на что этот станок способен в отношении точности и производительности. Было бы хорошо, если бы программист и технолог знали, как будут деформироваться станок, инструмент и изделие в процессе обработки (а такие деформации происходят обязательно). Хорошо, если бы они смогли предсказать, как с течением времени будут изнашиваться резец, фреза или какой-либо другой режущий инструмент (а износ инструмента происходит в процессе работы непрерывно). Хорошо, если бы им было известно, как по мере работы разогреваются узлы станка и каково в результате этого нагревания влияние температурных деформаций на результаты работы машины.



Вот если бы они все это могли предвидеть и учесть в программе, тогда бы десятое и сотое изделие на станке было бы обработано оптимальным образом. Но ни технолог, ни программист всех этих подробностей не знают сегодня, не будут знать завтра, ни, вероятно, даже в отдаленном будущем. Да и особой необходимости в том, чтобы все это знать во всех подробностях, наверное, не будет.

Создающиеся сейчас так называемые самонастраивающиеся, или адаптивные, системы обеспечат работу станков в оптимальном режиме без вмешательства человека. Они будут уметь накапливать, обрабатывать и использовать информацию для достижения наилучших результатов. Системы специальных измерительных устройств и датчиков, собирающие данные о том, как протекает реальный технологический процесс, как деформируются станок, изделие, режущий инструмент, как изнашивается инструмент и как разогревается вся система, специальные вычислительные устройства, обрабатывающие эту информацию, дадут возможность автоматически корректировать ту исходную программу, которую автомат получил от технолога.

Другими словами, человек как бы задаст автомату цель. А как достичь этой цели, тот научится сам, с помощью искусственных органов чувств и цифровых механизмов. Только первое изделие из партии автомат обрабатывает по программе, заданной человеком. Потом, начиная с этого момента, он начнет накапливать и учи-

тывать опыт работы, совершенствовать программу, обрабатывая вторoе, третье и последующие изделия с предельной точностью либо в максимальном темпе, либо с наивысшей экономичностью.

Естественно, что тот или иной из этих критериев, которым должен «руководствоваться» автомат в процессе работы, также задает человек. Но весь процесс поиска и настройки на оптимальную реализацию программы, вся та процедура, которая практически неосуществима традиционными методами, то есть на универсальных станках и с участием пусть даже высококвалифицированных операторов, будет выполняться в автоматическом режиме, обеспечивая высокие точности, производительность, экономичность.

Первые опыты по созданию и применению адаптивных систем цифрового управления станками уже проведены. Эти опыты показали высокую эффективность применения такого качественно нового вида оборудования. Несомненно, что в будущем оно получит широкое практическое внедрение.

Но вот изделие обработано по программе. Как убедиться в том, что оно обработано правильно, отвечает во всех подробностях чертежу, заданному конструктором?

Конечно, когда это изделие напоминает простой валик или шайбу, то задача может быть решена сравнительно просто. Если оно выпускается многотысячными, миллионными или миллиардными тиражами, то достаточно поставить специализированные высокопроизводительные контрольные автоматы; в других случаях выгодно обойтись универсальным измерительным инструментом.

Ну а как быть, если изделия обладают сложной конфигурацией, если они становятся все более разнообразными, требования к их точности все повышаются, а сроки изготовления сокращаются и если к тому же недостаточно измерить на этих изделиях 2—3 размера, а необходимо иметь картину точности обработки всех их поверхностей?

Применение традиционных методов контроля, предусматривающих изготовление специальных шаблонов, эталонов, привлечение высококвалифицированных контролеров сопряжены с большими затратами ручного труда, времени и средств, а строить специализирован-

ные автоматы для контроля таких изделий так же бессмысленно, как строить специализированные автоматы для их обработки.

Так наметилась еще одна качественно новая область применения техники цифрового управления — контрольные автоматы.

По принципу действия эти машины напоминают станки с цифровым управлением. Только вместо обрабатываемой заготовки на них устанавливаются измеряемые изделия, а вместо режущего инструмента — измерительный орган.

Технолог намечает на изделии все те участки, которые подлежат измерению; программист составляет соответствующую программу. Затем контролируемое изделие устанавливается в исходное положение, и автомат пускается в ход.

Измерительный орган скользит вдоль измеряемых поверхностей. Если эти поверхности выполнены неточно, измерительный орган, а за ним и приборы автомата регистрируют все отклонения. Как только вся программа «проиграна» — готов документ, зафиксировавший с высокой степенью точности всю картину обработки изделия.

Уже сейчас созданы и пришли на производство первые образцы контрольных автоматов с цифровым управлением. Они позволят значительно ускорить операции контроля самых сложных изделий и полностью исключить при этом субъективные ошибки человека, позволят обойтись без калибров, шаблонов и эталонов. Копии программ контроля можно будет рассылать по многим предприятиям, обеспечивая его единообразие и высокое качество.

Можно не сомневаться, что эти машины займут достойное место в области цифровой автоматизации машиностроительного производства.

Итак, самые различные станки, адаптивные системы, контрольные автоматы — агрегаты, оснащенные цифровым управлением. Но ведь их можно использовать не только порознь! Из них можно построить целые автоматические линии и комплексы. Такие автоматические линии будут качественно отличаться от автоматических линий традиционного типа, предназначенных для выпуска большими тиражами одних и тех же изделий. Линия станков, машин и другого оборудования с цифровым

управлением, так же как и каждый отдельный ее агрегат, сочетает гибкость и приспосабливаемость универсального оборудования с точностью и производительностью специализированных автоматов.

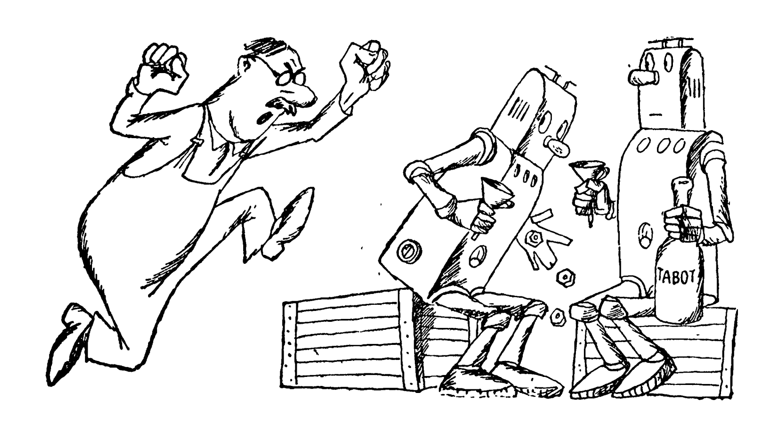
Опытные линии станков с цифровым управлением уже построены. Представляется очевидной возможность включить в состав этих линий контрольные автоматы и адаптивные системы, значительно расширив тем самым уровень автоматизации машиностроительного производства и повысив его эффективность и качество. Перспективы внедрения линий и комплексов с цифровым управлением в различные отрасли машиностроения в ближайшую четверть века весьма широки и диктуются всем ходом научно-технического прогресса.

Автоматический комплекс с цифровым управлением может охватить не только процессы обработки и контроля изделий машиностроения.

Представим себе сборочный цех. Пусть здесь идет поточная сборка автомобилей (или других машин). Эта картина впечатляет своей ритмичностью: столько-то минут — автомобиль, еще столько же — автомобиль, еще — автомобиль, автомобиль, автомобиль... Однако она бывает «смазана» однообразием — с конвейера сползают автомобиль за автомобилем, ничуть не отличающиеся один от другого, ни одним из своих многочисленных признаков, ни единой деталью, ни цветом, ну абсолютно ничем. Получается это потому, что вся программа сборки определена на продолжительный срок.

Но ведь это не обязательно. Определение программы сборки и выполнение заказов на автомобили можно поручить цифровой машине. Ей безразлично, запомнить ли заказ на тысячу автомобилей или на один. Кстати, ей нетрудно запомнить и все те особенности машины, на которых настаивает заказчик. И дальше весь процесс сборки направляется цифровыми механизмами. В соответствии с особенностями очередного заказа на конвейер подается то красный кузов, то синий, то обычная «обувь», то тропическая, то обычный радиоприемник, то повышенного класса... Одновременно с этими деталями и узлами идет номер заказа — собранная машина не обезличена, она уже имеет адрес назначения.

Вновь и вновь методами цифровой автоматизации реализуются тенденции, отвечающие закономерностям,



требующим экономии живого труда и все расширяющегося разнообразия благ. Следующая четверть века будет наверняка знаменоваться еще более широким внедрением и развитием этих методов. И на этом дело не остановится.

* * *

«Вмешательство» цифровых механизмов в процессы сборки, о которых сейчас шла речь, касалось не основных операций, а вспомогательных, связанных с управлением скоростью главного конвейера, а также конвейеров, подающих на сборку узлы и детали: то синий, то красный кузов, простую или специальную резину и т. д. А непосредственно сборку автомобиля ведут люди. Поступает на сборку автомобиля кузов — они ставят его на шасси, выполняя при этом множество операций, разнообразных движений — быстрых и плавных, размашистых и мелких, сильных и мягких; поступают на сборку колеса — нужны наборы других движений.

Автомобили и самолеты, мотоциклы и велосипеды, радиоприемники и телевизоры, тысячи других машин, их узлов и агрегатов собирают люди. На процессах сборки заняты буквально миллионы людей. Эти процессы требуют, как кажется, чисто человеческих движений и до сих пор практически не автоматизированы. Вот где расходуется гигантское количество человеческого труда. На сборочных линиях и конвейерах этот труд уз-

кодифференцирован. Сборщик может выполнять сложные движения, но, обслуживая одно и то же рабочее место, он от раза к разу их повторяет. Его труд поэтому однообразен и неинтересен. А кроме того, выполнение той или иной операции может быть сопряжено со значительными физическими напряжениями, и тогда труд сборщика оказывается не только неинтересным, но и утомительным.

Автоматизация сборочных работ — вот где резерв повышения производительности труда, необозримое поле приложения идей и методов автоматизации. Так что же, разве до сих пор специалисты не видели необходимости работать в этом направлении?

Конечно, видели! И настойчиво искали решения и средства, которые по своим возможностям и своей «квалификации» отвечали бы сложности и масштабам давно назревшей проблемы.

Токарь, фрезеровщик, шлифовщик — рабочие высокой квалификации; их главная задача — управление станком, обеспечение его точной и производительной работы. Но они должны также устанавливать на станок заготовку и снимать обработанное изделие. Многие изделия, детали и заготовки для них имеют значительный вес: 10—30—50 килограммов. Операции их обработки на станке могут занимать всего лишь несколько минут, и тогда загрузка и выгрузка перерастают в важную проблему.

Квалифицированный труд станочника можно сэкономить, заменив обычный станок станком с цифровым управлением. Об этом мы уже много говорили. Внедрение станков, адаптивных систем и контрольных автоматов с цифровым управлением, как мы уже знаем, — одно из генеральных направлений автоматизации машиностроительного производства. Становление этого направления заняло до сегодняшнего дня круглым счетом четверть века.

Но мы при этом ни одним словом не обмолвились о том, кто же будет обслуживать эти высококвалифицированные станки, контрольные автоматы, линии и комплексы? Кто будет устанавливать на них заготовки, снимать обработанные изделия, ставить и снимать их с контрольных автоматов, передавать со станка на станок? Одним словом, кто будет обслуживать оборудова-

ние, автоматизированное цифровыми механизмами по последнему слову техники. Сейчас это делают люди, и труд этих людей по мере того, как повышается уровень автоматизации, становится все менее интересным и более утомительным. А ведь универсальных станков с цифровым управлением, другого машиностроительного оборудования — миллионы, а в перспективе их число должно расти — удваиваться, удесятеряться.

Для автоматизации загрузки и выгрузки машин и автоматов, установки и съема изделий, так же как и для автоматизации процессов сборки, до последних лет было сделано очень мало. Почему?

Если внимательно присмотреться, то окажется, что внешне простые операции установки и съема заготовок и изделий, а также сборки требуют выполнения сложных пространственных движений, характер которых во многом зависит от формы и размеров изделий и существенно меняется при переходе от одного изделия к другому.

В кузнечных цехах изделия куются из раскаленных заготовок. Кузнецу и его подручному требуются, кроме квалификации, большая физическая сила и выносливость, даже при том условии, что сам процесс ковки выполняется машиной-молотом. Раскаленную тяжелую заготовку надо взять клещами, ввести в зону обработки, правильно там сориентировать, поворачивая после одного или нескольких ударов молота...

Окраска изделий обычно производится набрызгиванием. Чтобы предохранить рабочего от вредного действия распыляемой краски, нужна специальная маска; помещение или рабочая зона, где производится окраска, оборудуется специальными защитными устройствами — сложно, дорого, опасно для человека.

Так, если просмотреть все основные и вспомогательные процессы машиностроительного производства (а мы ведь договорились ограничиться только этой отраслью производства), то окажется, что, несмотря на относительно высокий уровень автоматизации этой отрасли, она до сих пор требует гигантских затрат человеческого труда. При этом четко намечается, если можно так выразиться, «квалификационное расслоение» этого труда. Меньшая его часть, связанная с созданием и поддержанием автоматизированного оборудования в работоспособном состоянии, требует высокой квалификации, боль-

ших знаний, творческого подхода. А для прямого обслуживания этого, казалось бы, уже высокомеханизированного и автоматизированного оборудования необходима, однако, бо́льшая часть живого труда. И необходима для выполнения внешне простых однообразных операций, «беда» которых состоит в том, что они требуют «человеческих» движений, что для их выполнения лучше всего приспособлены руки человека. Автоматизацией типично человеческих движений можно назвать проблему автоматизации процессов обслуживания бесчисленного машиностроительного и немашиностроительного оборудования. Она давно уже стала чрезвычайно острой и нашла свое решение в развитии целой новой отрасли техники, которая получила почти официальное название — робототехника.

И если автоматизация и, в частности, цифровая автоматизация составляют один из краеугольных камней научно-технического прогресса XX века, то робототехника и роботизация становятся одним из генеральных направлений научно-технического прогресса на значительно больший промежуток времени.

Мы не будем здесь затрагивать всю проблему робототехники. Она призвана обслуживать не только машиностроительную и другие отрасли производства, но также атомную, космическую и глубоководную отрасли техники. Лишь коротко остановимся на тех представителях робототехники, которые уже появились на производстве и получили название промышленных роботов.

Чтобы наглядно понять, в чем состоит основная особенность машин этого класса, еще раз подчеркнем, что главная цель их создания состояла в том, чтобы получить средство, автоматически воспроизводящее движение руки человека.

Рука человека — механизм, обладающий высокой подвижностью. Особенность этого механизма состоит в том, что он «спроектирован» для выполнения не какого-либо одного особого движения, а бесчисленного множества самых разнообразных движений. Она в этом смысле универсальный рабочий орган.

Промышленный робот также снабжен рабочим органом — механической рукой, — обладающим подвижностью хотя и несравнимо более низкой, чем рука человека, но вместе с тем достаточно высокой, чтобы выполнять довольно сложные «человекоподобные» движения.

Мозг человека — «вычислительная машина», умеющая управлять бесчисленным множеством движений его рук. Промышленный робот оснащается программным устройством — «искусственным мозгом», который, конечно, ни в какое сравнение с живым идти не может. Но его «мощности» достаточно, чтобы использовать возможности механической руки. В это программное устройство, как в программное устройство станка с цифровым управлением, можно ввести ту или иную программу, и в соответствии с этой программой механическая рука будет двигаться, устанавливая и снимая со станка заготовки и изделия, собирая узлы машин, выполняя сварку, ковку, окраску изделий, бесчисленное множество операций и работ, которые сейчас выполняет человек.

Около десяти лет назад началась разработка конструкции промышленных роботов. А сейчас в области их производства и внедрения начался резкий подъем. Миллиардные суммы в ближайшие годы предполагают затратить на развитие робототехники правительства, университеты и фирмы США, Японии и других высокоразвитых капиталистических стран. Широко развертываются аналогичные работы в Советском Союзе и странах социалистического лагеря.

Уже накоплен первый опыт применения роботов на производстве, свидетельствующий о широких возможностях и высокой эффективности этих машин.

Так, в качестве примера приведем опыт одной из автомобильных фирм США, где на линии сборки колес вместо 46 операторов (при двухсменной работе линии) было установлено 23 промышленных робота «Юнимейт». Годовая эксплуатация линии и выполненные на основе результатов ее работы экономические расчеты показали, что полученная прибыль при этом значительно превысила ту среднюю величину прибыли, при которой считается выгодным внедрять новую технику. Д-р Энгельбергер — президент фирмы «Юнимейшн», выпускающей эти роботы, — будучи в Советском Союзе, заявил в техническом докладе, что перспективы их внедрения весьма благоприятны. В качестве обоснований своей точки зрения наряду с тем фактом, что количество заказов на роботы растет, он приводил ряд других доводов, отражающих специфические условия капиталистического мира. Он говорил, что при оценке эффективности роботов надо учитывать, что им не нужна жилплощадь, они

не требуют никаких социальных или культурных услуг, расходов на транспорт и т. д. и т. п.

Естественно, что в условиях социалистического общества в пользу широкой роботизации производственных процессов говорят другие доводы, и первый среди них тот, что использование роботов позволяет избавить человека от однообразной, утомительной, а подчас и вредной для здоровья работы, привлечь его к творческой высококвалифицированной деятельности, обеспечивающей большую отдачу всему обществу и высокое личное удовлетворение.

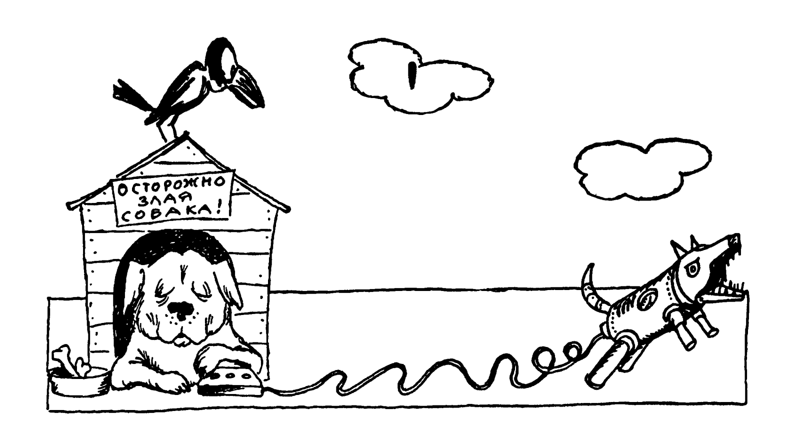
Экономисты и социологи уже давно изучают экономические и социальные вопросы автоматизации производственных процессов. В ближайшие годы они должны будут открыть новую главу, посвященную экономическим и социальным последствиям роботизации как высшей формы автоматизации. Но уже сейчас можно сказать, что широкое использование роботов различного назначения и различной «квалификации» в самых различных отраслях производства обещает не только резкий подъем производительности труда, но и многие качественно новые технические возможности.

Поскольку мы ограничиваемся машиностроительным производством, то коротко остановимся лишь на одной проблеме — комплексной автоматизации.

Роботы, управляемые программными устройствами, и следующие «поколения» роботов, оснащенные специальными «органами чувств» и управляемые электронными машинами, органически дополняют линии и комплексы станков, контрольных автоматов, адаптивных устройств и другого оборудования, оснащенных системами цифрового управления и управляющими машинами.

Такая комплексная система цифровой автоматизации может включать участки механической обработки, контроля, сборки изделия — множество производственных процессов, координируемых и управляемых центральной мощной вычислительной машиной. Эта машина может осуществлять функции прямого управления без посредства таких промежуточных носителей программ, как магнитные ленты или перфокарты.

Комплексная система цифровой автоматизации позволяет перевести на более высокий уровень не только чисто технологические стороны производственного про-



цесса. Управляющей машине можно поручить решение всех вопросов учета и отчетности по данному комплексу. Наконец, открываются широкие возможности включения производственных подразделений в автоматизированные системы управления целыми комплексами и предприятиями. В этой области ученым и инженерам вполне хватит работы еще в XXI веке.

* * *

АСУ, АСУП, АСУС, ОАСУ, АСПР — эти и другие подобные буквосочетания все чаще встречаются в газетах, научных и популярных журналах, в солидных монографиях, многочисленных брошюрах. Им посвящаются многолюдные конференции и симпозиумы, на которых обсуждаются вопросы создания и применения автоматизированных систем управления (АСУ) отдельными предприятиями, отраслями промышленности и строительства, автоматизацией плановых расчетов на различных уровнях нашего народного хозяйства.

Исследовательские и проектные работы в области АСУ начались у нас сравнительно недавно, но сразу же получили широкий размах. Сегодня достигнуты определенные успехи в их практической реализации.

Директивами XXIV съезда КПСС определено строительство в текущей пятилетке 1600 автоматизированных систем управления технологическими и технико-эконо-

мическими процессами. Но это только начало грандиозной работы, которая имеет конечной целью создание единой государственной сети сбора и обработки информации, получившей название ОГАС (общегосударственная автоматизированная система), связывающей в единое целое автоматизированные системы управления всеми звеньями народного хозяйства. Совершенствование планирования и управления экономикой страны с применением автоматизированных систем управления и математических методов определено XXIV съездом нашей партии как важнейшая политическая и техническая задача на ближайшие десятилетия. И это закономерно, ибо методы и техника управления производством должны во всех отношениях соответствовать его технике и технологии.

Силой и палкой из автомата «пота не выжмешь», его нельзя премировать, нельзя объявить ему взыскание, моральные и экономические рычаги на него не действуют. Огромные возможности, обусловленные его внутренней организацией, могут быть в полной мере использованы лишь при высокой организации всего процесса производства. А в современном производстве, особенно машиностроительном, число компонентов и факторов: технических, технологических, экономических — необычайно велико, связи между ними сложны и разветвленны.

Сотни тысяч норм, десятки тысяч наименований материалов, деталей, узлов и изделий и тысячи единиц разнородного оборудования образуют многоэтажную систему факторов и связей, которая требует повседневной организации, контроля и управления.

Для всего этого нужна информация — технологическая, плановая, учетная, оперативная. В каждой ячейке производства, где создаются, потребляются и распределяются вещи, формируются данные, характеризующие эти процессы, необходимые непосредственно для управления ими и для согласования их между собою. Так производство порождает гигантские потоки информации, которая должна быть надежна и объективна, поступать своевременно туда, где она в данный момент необходима, и там обработана для решения задач планирования и оперативного управления производством.

Технический прогресс неизбежно повышает сложность технологии и организации производства, приводит к уве-

личению размеров предприятия и его специализации, усложняет производственные и хозяйственные связи между предприятиями, а внутри него — между его остальными подразделениями. Количество информации неуклонно возрастает, она становится все более разнообразной, и одновременно возрастают требования к ее качеству и оперативности ее обработки.

Схема, которую мы здесь приводим, дает лишь самое упрощенное представление об информационных потоках, циркулирующих внутри предприятия и связывающих его с внешним миром. Слишком сложны информационные связи, характеризующие взаимодействия производственных цехов, технологических и конструкторских подразделений и вспомогательных служб и отделов, осуществляющих функции организации и управления, чтобы можно было сколько-нибудь полно описать, как живет и действует предприятие.

Мы представим предприятие в виде нескольких блоков (прямоугольников), объединенных в схему, указывающую направление информационных потоков. Хотя здесь далеко не всегда удается четко сформулировать и разграничить функции отдельных элементов такой схемы, тем не менее в весьма укрупненном виде можно наметить три функциональных блока, на которых зиждется сложная структура предприятия: 1) блок управления (БУ), 2) производственный блок (ПБ) и 3) конструкторско-технологический блок (КТБ).

В БУ поступает из внешнего мира информация, содержащая плановые задания органов управления отраслью, заказы по договорам, цены на продукцию, данные о материальных фондах и т. д. И в этот же блок по каналам обратной связи поступают данные анализа производственно-хозяйственной деятельности за прошлый период. Наконец, в БУ накапливается и хранится различная нормативная информация: технико-экономические нормы, нормы затрат труда, расхода материалов, использование оборудования и т. д. На основе всей этой внешней и внутренней информации строится техпромфинплан предприятия, определяющий стратегию управления его деятельностью на весь плановый период. Наконец, в том же БУ план детализируется, доводится до сведения исполнительных органов предприятия — ПБ, КТБ и вспомогательных служб и осуществляется оперативное управление его реализацией. Здесь за словами

«детализируется, доводится и осуществляется» кроется многоэтажная и разветвленная система плановых расчетов и управленческих решений, в которых используется огромное количество разнообразной информации.

Потоки управляющей информации поступают из БУ в производственный и конструкторско-технологический блоки. В ПБ с помощью этой информации осуществляется организация и управление преобразованием энергии и материалов в готовую продукцию. В то же время в обратном направлении (по обратной связи) из ПБ в БУ течет информация — учетная и статистическая — о ходе производственного процесса, об отклонениях фактических значений его показателей от плановых.

Тактика оперативного управления ПБ должна быть направлена на то, чтобы наиболее эффективным путем устранить или свести к минимуму эти отклонения. И здесь важнейшее значение имеет не только достоверность информации, но и высокая оперативность ее поступления, ибо запаздывание делает ее не только бесполезной, но подчас ухудшает процесс управления.

Попробуйте надеть на человека наушники и заставить его говорить в микрофон, соединенный с ними через обратную связь, передающую речь без изменений, но с запаздыванием. Многочисленные опыты показали, что человек, слышащий свою запоздавшую речь, сбивается и не может говорить дальше. Примерно так же обстоит дело с запаздыванием передачи оперативной информации от ПБ к БУ с той лишь разницей, что аппарат управления не теряет при этом способности сколько угодно говорить о возникших неприятностях, но теряет возможность их предотвратить.

На схеме должна быть еще одна стрелка, идущая от БУ к органу управления отраслью. Это поток отчетной информации о деятельности предприятия, который служит для составления отраслевых планов и оперативного управления предприятием.

В отрасли, в свою очередь, формируется информация, поступающая в высшие органы управления народным хозяйством и необходимая для составления планов его развития и формирования плановых заданий отраслям.

Наконец, коротко о КТБ (конструкторско-технологический блок). Его специфическое отличие от ПБ за-

ключается в том, что исходным продуктом являются не энергия и материалы, а научно-техническая информация, поступающая в него извне и накопленная внутри блока. Готовая продукция КТБ — это информация, заключенная в образцах новой техники и новой технологии.

Процесс преобразования исходных данных в такую готовую продукцию организуется с помощью информации, идущей от БУ по соответствующему замкнутому контуру, образованному прямыми и обратными информационными потоками. На схеме показаны связи между ПБ и КТБ. По одной из них в производство поступает информация (чертежи, технологическая документация и пр.), необходимая для изготовления экспериментальных и опытных образцов продукции, для организации и внедрения новой техники и технологии. В обратном направлении текут потоки информации о результатах изготовления и испытания новых конструкций и об эффективности новых машин, производительности разработанных технологических процессов. В КТБ эти фактические показатели сравниваются с проектными и принимаются необходимые решения по устранению возникающих разногласий.

Таковы в общих чертах структура и организация информационных потоков, связывающих три основных составляющих структуру предприятия и призванных обеспечить их согласованную работу.

Пока на большинстве наших заводов и фабрик преобладают примитивные ручные способы получения и обработки разнообразной управленческой информации, которые приводят к чрезмерной специализации и самого управленческого труда. Процессы планирования и управления дробятся на мелкие операции, выполняемые зачастую без взаимной увязки разными исполнителями, получающими данные из различных источников. Раздробленность аппарата управления, в свою очередь, отрицательно влияет на организацию потоков информации, которые часто дублируют друг друга. Одни и те же данные накапливаются и хранятся в разных отделах, обрабатываются независимо друг от друга. Это увеличивает количество документов, ведомостей, вносит путаницу и перегружает управленческий персонал черновой и излишней работой по многократному переписыванию и обработке одних и тех же показателей.

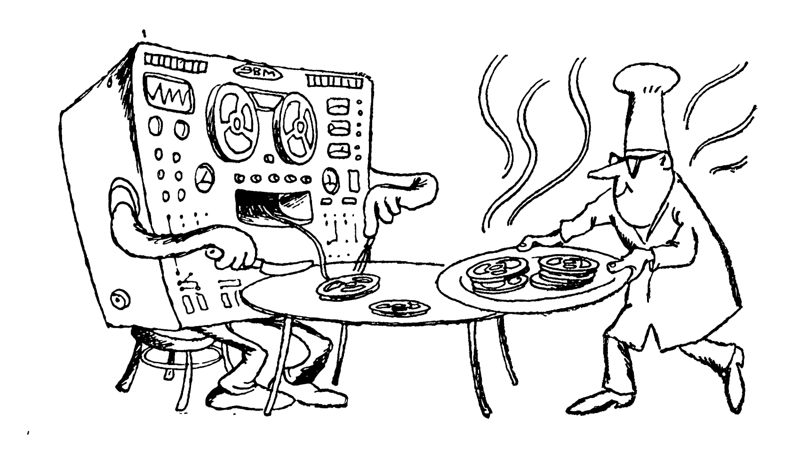
В результате страдают качество и оперативность управления.

На смену этим отживающим свой век способам и технике обработки информации идут автоматизированные системы управления, знаменующие качественный скачок в совершенствовании управления производством. Схема, которую мы только что описали, поможет нам понять основные принципы построения и функционирования АСУ, ибо три составляющих производства и их взаимосвязи в том или ином виде будут присущи предприятиям, оснащенным такими системами.

* * *

Говоря об автоматизированной системе управления, обычно понимают комплекс методов и средств, составляющих информационно-техническую и математическую базу управления, и коллектив людей, осуществляющих управление. Это означает, что АСУ является системой «человек — машина», в которой главным звеном, принимающим управленческое решение, остается человек. Именно поэтому АСУ не автоматическая, а автоматизированная система управления.

Можно утверждать, что автоматизация производства никогда или, во всяком случае, в обозримом будущем не достигнет такого уровня, при котором человек будет полностью исключен из этой главной сферы его деятельности. Ведь творческий труд, — а управленческий труд, освобожденный от чисто технической работы, связанной со сбором и обработкой информации, является одним из наиболее сложных разновидностей творческого труда, — всегда останется прерогативой человека. Конечно, по мере совершенствования методов и средств управления все более глубокого проникновения в закономерности процессов управления в нем все большую роль будут играть факты и все меньшую — интуиция. Наверное, многие управленческие решения будут даже приниматься не человеком, а машиной. Тем не менее опыт и квалификация человека, только ему присущие свойства оперировать с нечетко выраженными целями и понятиями, умение «заглядывать» в будущее останутся наиболее ценными факторами при выработке сложных управленческих решений.



В нашу задачу не входит обсуждение вопроса о границах между функциями человека и машины в АСУ — одного из важнейших вопросов создания кибернетических человеко-машинных систем. Да и возьмет ли на себя кто-либо смелость попытаться установить эти границы. Здесь мы ограничимся кратким рассказом об идеях и принципах, на основе которых создаются и будут развиваться автоматизированные системы управления производством. Многое из того, о чем будет здесь идти речь, существует пока только в проектах, кое-что еще вынашивается и обсуждается учеными и разработчиками. Но общие контуры всей иерархии автоматизированных систем управления нашим народным хозяйством уже вырисовываются, и это позволяет нам «чуть-чуть фантазировать» на реальной основе.

Вернемся к схеме, описывающей информационное взаимодействие трех основных блоков предприятия, и попытаемся представить себе, как оно будет осуществляться в условиях автоматизированного режима управления.

Здесь функции БУ принимает на себя автоматизированная система управления, главным звеном технической базы которой является электронная вычислительная машина.

Вряд ли в наше время найдется читатель, интересующийся достижениями современной науки и техники, который незнаком, хотя бы в самых общих чертах, с принципом действия и устройством ЭВМ. Трудно най-

ти другую отрасль техники, которая могла бы гордиться столь же стремительным проникновением буквально во все сферы деятельности человека и поразительно быстрым скачкообразным развитием технических и эксплуатационных характеристик своей продукции. И не случайно наиболее подходящей единицей измерения прогресса электронных вычислительных машин служит «поколение». Не прошло еще и четверти века со дня появления первой серии этих машин, а на службу человеку пришло уже третье поколение, и недалеко время, когда появится четвертое.

За этот короткий период времени средняя производительность ЭВМ возросла более чем в 1000 раз; емкость оперативной памяти — более чем в 100. Емкость всего комплекса запоминающих устройств ЭВМ третьего поколения достигла сотен миллионов чисел. Это значит, что данные по всей номенклатуре продукции, выпускаемой в СССР, могут храниться в памяти одной машины.

ЭВМ третьего поколения — это, по существу, уже не машина, а система агрегатов, объединенных общим управлением. В них реализован многопрограммный принцип действия — машина способна одновременно решать ряд задач, координируемых автоматическим диспетчером, вести диалог с человеком в натуральном масштабе времени. Высокое быстродействие, огромная емкость памяти, разветвленная система внешних устройств, способных непосредственно взаимодействовать со многими периферийными потребителями, обеспечивает практически неограниченные возможности автоматизации всех процессов обработки информации при управлении предприятием.

ЕС ЭВМ — единая система электронных вычислительных машин третьего поколения. Она разработана коллективами ученых и инженеров стран социалистического лагеря, деятельность которых координировалась Советом Экономической Взаимопомощи. Система охватывает ряд ЭВМ, созданных на основе единой конструкторско-технологической базы, имеющих различную мощность и различное назначение. Наиболее мощными машинами этого ряда и их все более совершенными модификациями будут оснащаться в ближайшие десятилетия автоматизированные системы управления.

Информационно-технический комплекс АСУ, помимо ЭВМ, включает средства регистрации и подготовки данных и средства связи. Разнообразные устройства и приборы будут автоматически фиксировать количество произведенной продукции, время работы оборудования, количество отпущенного материала и т. д. непосредственно там, где реализуется производственный процесс. По каналам связи эта первичная информация, надлежащим образом подготовленная, будет поступать, храниться и обрабатываться электронной вычислительной машиной. Линии и стрелки, показанные на нашей схеме, воплотятся в разветвленную сеть автоматических линий связи, защищенных от помех и всяческих искажений.

Отличительной особенностью процессов обработки информации в АСУ является оптимальное использование первичной информации для получения на ее основе всех необходимых технико-экономических показателей. Будут исключены дублирование информационных потоков, многократная «перекачка» одних и тех же показателей из одних документов в другие, раздробленность и разобщенность вычислительных процедур. Интегрированная система обработки данных обеспечит необходимой информацией всех потребителей, информацией, полученной из первоисточников, — оперативной и достоверной.

И здесь при обработке потоков информации, как и в сфере материального производства (вспомните о главном направлении), автоматизация процесса с помощью ЭВМ, сочетающей универсальность и гибкость в его реализации, дает огромную экономию труда, тем большую, чем разнообразнее потребность в информации.

Каждому, однако, понятно, что информация представляет собою лишь питательную среду, которая необходима для управления. Главное же начинается только после получения пусть даже самой исчерпывающей и своевременной информации — выработка и принятие управленческого решения.

Мы подошли к наиболее сложной и наиболее важной проблеме функционирования АСУ — проблеме взаимодействия в ней человека и машины.

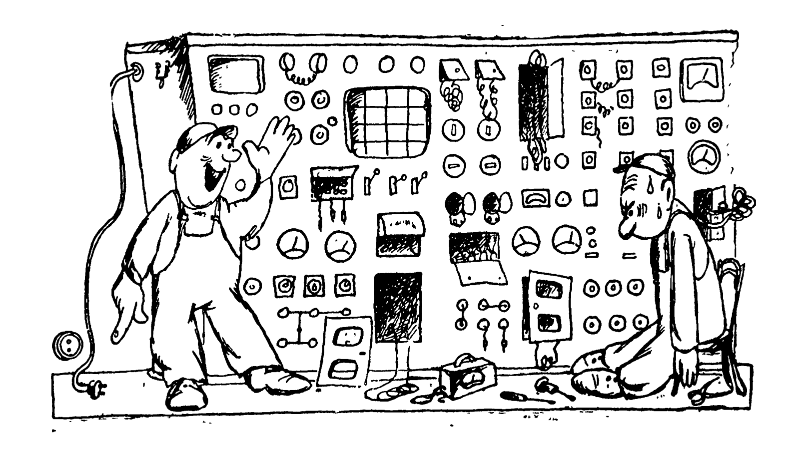
Управление — процесс целенаправленный, неизбежно связанный с необходимостью выбора одного решения из огромного множества возможных вариантов. Десятками способов можно налаживать автоматы, сотнями

способов может быть организован процесс производства изделий, астрономическими цифрами выражается число возможных вариантов транспортировки продукции от поставщиков к потребителям. Среди этих вариантов есть плохие и хорошие, чуть-чуть получше и чуть-чуть похуже и есть один наилучший, обеспечивающий наиболее высокую эффективность производства — оптимальный вариант. Какую же роль будет играть АСУ в решении этой центральной проблемы совершенствования управления?

Выше мы уже отмечали, что в принятии решений — наиболее сложных и ответственных — последнее слово остается за человеком. Но в подготовке решения, оценке различных вариантов с учетом конкретных реальных условий производства АСУ способна оказать человеку неоценимую помощь. Если говорить точнее, то без помощи огромных вычислительных возможностей, которыми обладает ЭВМ, коллектив людей не может обеспечить оценку и выбор наилучшего варианта решения тех сложных задач, которые чаще всего возникают в процессах планирования и управления экономическими объектами. Способствовать максимальному увеличению общественного богатства, создаваемого каждой затраченной единицей человеческого труда, — в этом основное назначение автоматизированных систем управления, в которых квалификация и опыт человека наилучшим образом сочетаются с самым универсальным и гибким автоматом — электронной вычислительной машиной.

Однако для того чтобы в полной мере использовать возможности такого сотрудничества, приходится преодолевать большие трудности, и пока это далеко не всегда удается. Главная из них — необходимость формализации задачи управления, то есть ее описание в виде системы уравнений, формул и четких логических правил, которую обычно называют математической моделью. (Когда речь идет об экономических задачах, то эти модели называют экономико-математическими.) Только таким образом сформулированная задача может быть воспринята ЭВМ — она в отличие от человека не способна оперировать со смутно очерченными понятиями.

Чтобы построить математическую модель технико-экономического процесса, необходимо глубокое проник-



новение в закономерности производства, нужно среди множества влияющих на него факторов выявить важнейшие, найти их взаимосвязи и выбрать наиболее эффективные способы целенаправленного воздействия на него.

Но и этого мало. Производство, как мы уже неоднократно говорили, многогранно, охватывает множество взаимосвязанных процессов, а это означает, что речь должна идти не об одной, а о целом комплексе математических моделей, взаимно согласованных и объективно отражающих все его стороны.

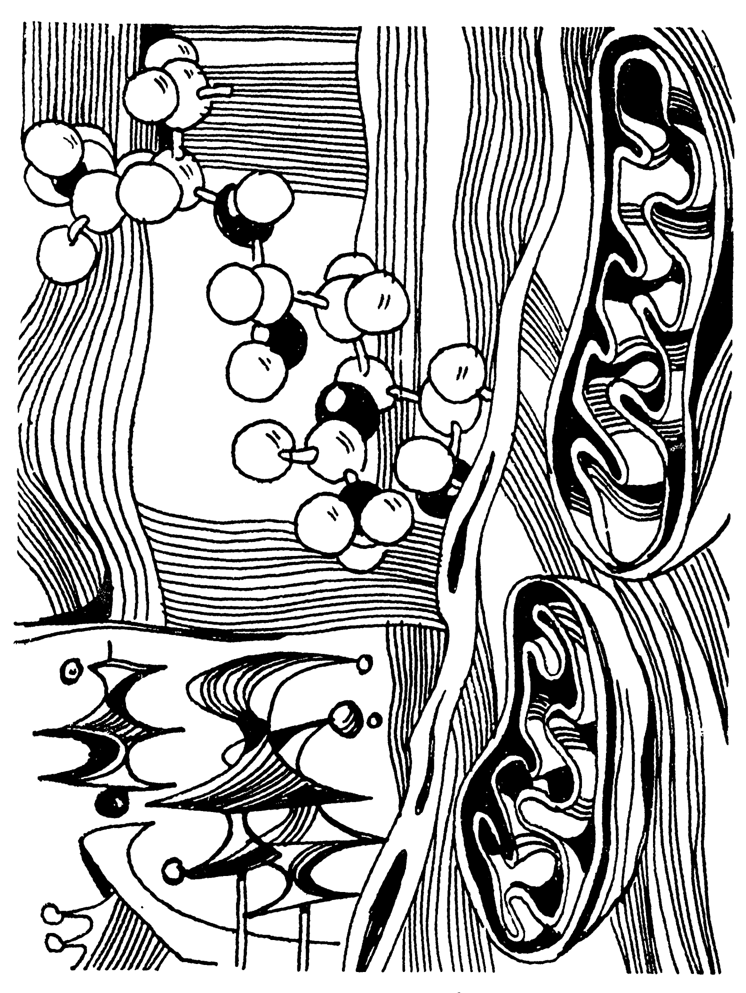
Разработка таких комплексов, охватывающих все уровни нашего общественного производства, ведется в Советском Союзе и других социалистических странах большими коллективами специалистов. Но она еще далека от завершения. В некоторые области управления производством математика только-только начинает проникать, и пройдет немало времени, пока она завоюет здесь прочные позиции.

Можно, однако, утверждать, что в ближайшие десятилетия в развитии и внедрении математических методов в сфере управления производством будут достигнуты большие успехи. Залогом тому является постоянное внимание, которое наша партия уделяет этой проблеме, все возрастающие темпы подготовки кадров по экономической кибернетике и автоматизированным системам управления, постоянное творческое развитие нашей экономической науки.

Все это будет способствовать расширению и обогащению комплексов экономико-математических моделей и программ для их реализации на ЭВМ, составляющих математическое обеспечение АСУ.

Создание и внедрение АСУ во все звенья нашего народного хозяйства и обеспечение их совместной согласованной работы — задача поистине грандиозная, не знающая себе равных в истории человеческого общества. Вероятно, решение этой задачи в полном объеме — одна из важнейших перспектив XXI века.

Главное здесь еще впереди. И вам, молодые читатели, и не только вам, но и следующим поколениям читателей предстоит сыграть основную роль в ее решении.



О создании новых веществ
и материалов будущего
рассказывает
профессор А. И. Китайгородский

Очень, конечно, хочется заглянуть в свое будущее, будущее своего коллектива, будущее людей. Крайне интересно делать всяческие прогнозы. Жаль лишь, что ввиду недолговечности жизни убедиться в справедливости их можно, только ограничившись началом третьего тысячелетия. Как будут жить люди на исходе нашего и в начале наступающего XXI века?

На этот вопрос пытаются дать ответ писатели-фантасты, а в последнее время и многие ученые. Первые фантазируют свободно, вторые стараются оставаться в рамках законов природы.

Что касается более или менее отдаленного будущего (в котором не придется жить ни мне, ни тебе, читатель), то рассуждения о грядущем должны быть предоставлены мечтателям. В тех же случаях, когда речь идет о ближайших десятилетиях, вступает в силу здравый научный подход.

Читая романы, публицистические сочинения и научные трактаты, псевдонаучные рассуждения и фантастические повести о будущем, видишь отчетливую возможность разбить их на три категории. Первая — это научные прогнозы, основанные на экстраполяции сегодняшнего положения мирских дел; их авторами являются специалисты в области прогнозов. В произведениях второй категории делается попытка заглянуть в отдаленное будущее, не изменяя сегодняшней науке; их авторы — научные работники, профессионально не занимающиеся прогнозированием. И наконец. третья — немногие фантастические произведения, авторы которых не связывают себя рамками законов природы. Как правило, сочинения такого типа выходят из-под пера профессиональных литераторов, но не деятелей науки.

Сейчас мы рассмотрим основные черты первого подхода к будущему и проиллюстрируем его на теме этой статьи.

Экстраполяция — математический термин, и означает он следующее. Написан ряд чисел 1, 3, 5, 7, 9, 11... Какие пойдут дальше? Можно ответить: «А откуда я знаю?», но можно сказать и иначе: «Если закон следования сохранится, то дальше пойдут числа 13, 15, 17...». В этом и состоит идея экстраполяционного предсказания будущего, основанного на изучении прошлого.

Особенно наглядной является экстраполяция гра-

фическая. По вертикальной оси будем откладывать, скажем, прирост населения за год, число заокеанских телефонных разговоров, автомобильных катастроф, урожай хлеба в миллионах тонн и т. д., а по горизонтальной оси — время. По точкам построим кривые. Разными темпами они будут вздыматься вверх, иногда идти вниз, а то и колебаться около какого-нибудь значения. Можно рискнуть продолжить кривую на будущее в предположении, что закон изменения останется тем же, каким был.

То, что этот метод рассуждения «работает» неплохо, известно из анализа прошлого. Темп изменения часто характеризуют временем удваивания или удесятерения. Оказывается, что в большом числе случаев время удваивания многих факторов, определяющих жизнь общества, остается неизменным на протяжении столетий.

Казалось бы, например, какие только события не происходили в мире, которые могли бы препятствовать росту, скажем, числа научных работников. Однако случайности сглаживаются, и в результате оказывается, что число деятелей науки в США начиная с 1800 года изменялось следующим образом: 1800 год — 1000 человек, 1850 год — в десять раз больше, то есть 10 000 человек, в 1900 году — 100 000 человек и в 1950 году — миллион. Значит, увеличение в десять раз за пятьдесят лет.

Первый вопрос, который, естественно, возникает: на сколько времени вперед можно экстраполировать ту или иную функцию? Ясно, что пророки ближайшего будущего будут ошибаться реже тех, кто осмеливается делать предсказание на много десятков лет вперед.

Также верно, что надежность предсказания тем большая, чем дольше наблюдалась закономерность в прошлом. Если вытащили из ящика десять белых шаров, то имеется достаточно большая вероятность, что и одиннадцатый шар будет белым. Если сто шаров оказались белыми, то вы удивитесь, обнаружив, что сто первый шар — черный. А если миллион испытаний приводил к одному и тому же результату, то нарушение правила покажется чудом.

Нечто в этом роде справедливо и для предсказания будущего, основанного на экстраполяции. Резкие изменения в ходе какой-либо кривой невероятны. Однако вдумчивый исследователь должен тщательно следить

за едва заметными признаками, которые свидетельствуют о том, что началось изменение темпа.

Число кинопосещений в год до некоторого времени неуклонно вырастало. Но появилось телевидение, и зрители предпочли получать радости от искусства, посиживая у себя дома в удобном кресле, попивая чай. Темп роста кинопосещений замедлился, затем кривая перегнулась и пошла вниз. Можно было предугадать такое ее поведение?

Несомненно! Экстраполяция — это вовсе не наивное механическое продление сегодняшней ситуации на отдаленное завтра. Если бы суть метода сводилась к этому, то прогнозирование было бы элементарно простым делом. Для того чтобы ловить подобные, первоначально незаметные изменения в темпе роста различных жизненных факторов, нужны электронно-вычислительные машины, способные переработать огромное количество информации. Только тогда удастся провести надежную экстраполяцию.

Возможности технически оснащенного прогнозирования весьма велики. На какой-либо демографический показатель, — скажем, рождаемость — влияет огромное число факторов. Здесь и уровень культуры, и материальные основы жизни, и идейные стремления страны. Чем больше факторов будет учтено в анализе, тем больше срок действия и достоверность прогноза.

Но как бы то ни было, о сотнях лет речи быть не может. Открытия телевидения, лазеров, энергии атомного ядра, войны и революции могут свести на нет предсказания, основанные на экстраполяции. Научные прогнозы, по моему мнению, могут претендовать лишь на срок в 30—70 лет.

Предсказания изменений в науке, технике, искусстве, медицине, морали, образе жизни не сводятся к одним цифровым показателям. Заманчиво наметить грядущие революционные открытия, способные изменить жизнь общества.

Деятель науки в отличие от писателя-фантаста считает возможным предвидение лишь таких событий, зародыши которых можно разыскать сегодня.

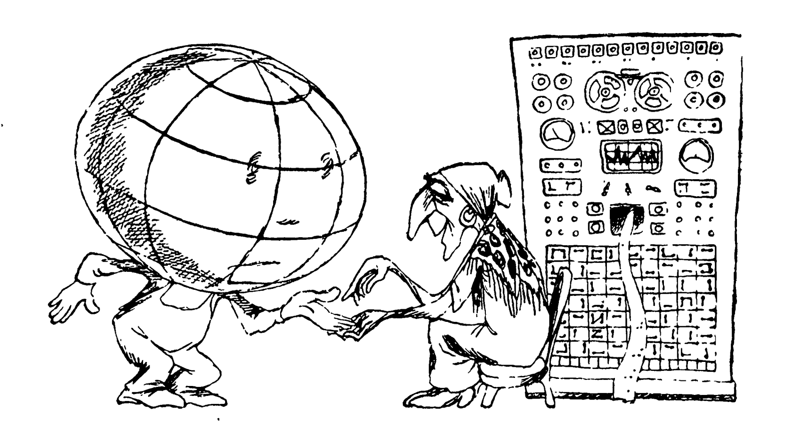
Не так давно один из руководящих научных работников в области прогнозирования выступил со статьей, в которой поставил под сомнение содержательность самого термина «футурология». Автор этой статьи заме-

тил, что, строго говоря, такой науки не существует, ибо уверенные прогнозы способен делать лишь узкий специалист в своей области. Это соображение справедливо. Но все же «уединенный прогноз» — вещь бессмысленная. Отдельные разделы науки и техники столь сильно переплелись в наше время, что кое-кто должен взять на себя обязанность суммировать мнения узких специалистов. Я перед собою такую задачу не ставил и, следуя совету уважаемого автора, на которого я только что сослался, остановлюсь на сравнительно узком круге вопросов, составляющем тему этой статьи.

* * *

Писателю-фантасту ничего не стоит вообразить вещество, построенное из особенных атомов, которые обладают свойством не притягиваться по закону всемирного тяготения к другим атомам, а отталкиваться от них. Литератор может беспредельно увеличивать силы сцепления между атомами, может спрессовать их так, чтобы один кубический миллиметр весил десять тонн. Писатель может изобрести атомы, способные излучать «пси»-лучи, при помощи которых возможно телепатическое общение между людьми.

Ученый — сухой рационалист, ползучий эмпирик, бескрылый футуролог, ограниченный, узкий, недальновидный и прочее (это эпитеты, которыми награждает научных деятелей писатель Артур Кларк) — не может разрешить себе предсказания подобных поразительных событий. Причина кроется в повышенном уважении к законам природы. Что касается устройства вещества при тех условиях температуры и давления, при которых мы существуем, то оно подчиняется строго установленным законам квантовой механики и статистической физики. Безупречное выполнение предсказаний, которые делаются с помощью этих законов природы, то обстоятельство, что практически вся современная цивилизация рухнула бы, если бы эти законы не были всеобъемлющими, позволяет специалисту в области строения вещества утверждать, что он доподлинно знает предельные возможности природы в отношении создания новых веществ. А раз так, то он может сказать, какие же свойства материалов возможны, а какие немыслимы и противоречат навечно завоеванному опыту науки.



Прежде чем приступить к экстраполяционным прогнозам, мне придется напомнить читателю некоторые азбучные истины, касающиеся строения вещества. Для наших целей будет вполне достаточно восстановить в памяти несколько общих правил и законов. Конкретное знание совершенно не обязательно. Честно говоря, и сам автор не возьмет на себя смелость рассказать, как расположены атомы в минерале мусковите или какова последовательность соединения частиц в нитрате альфа-нафтил-метилен-имидазолина, который мы капаем в нос, когда у нас насморк.

Итак, поговорим лишь об общих идеях, лежащих в основе строения тел.

Прежде всего дадим ответ на такой риторический вопрос: почему нельзя играть в футбол на склоне горы Эльбрус? Ответ: потому, что мяч покатится вниз. И долго это будет продолжаться? Ответ: до тех пор, пока мяч не попадет в глубокую лунку или яму, а если избежит такой судьбы, то очутится в долине.

Футбольный мяч слушается закона. Ему положено природой успокоиться в такой ситуации, которой соответствует минимум его энергии. Если мяч докатился до самого подножия горы, то он устроился наиболее удобно. Выкатиться из долины ему не удастся. Мы скажем, что речь идет о стабильном, или, по-русски, устойчивом, состоянии равновесия. Если мяч застрял по дороге даже в относительно глубокой яме, то ветром или при землетрясении в районе Эльбруса (они, кажется, там не бывают, но географы меня простят!) он может

выбраться из состояния временного равновесия (научные деятели испытывают исторически сложившееся пристрастие к греческому языку и латыни и поэтому такое состояние равновесия называют метастабильным) и в конце концов скатится в долину.

Атомы и частицы, из которых они построены, то есть ядра и электроны, ведут себя схожим образом: они стараются устроиться поудобнее, то есть занять такое взаимное расположение, при котором энергия их сообщества была бы наименьшей.

Теперь представим себя первосоздателями веществ. В нашем распоряжении огромное пространство — большой котел. Мы бросаем туда миллиарды миллиардов атомных ядер и электронов. Следить будем при этом за тем, чтобы число плюсов (на ядрах) и минусов (на электронах) казалось бы равным. Дело в том, что мы хотим создать электрически нейтральные тела, каковыми и являются все окружающие нас предметы.

Начнем понижать температуру в нашем котле. Движение частиц будет становиться все медленнее, и ядра начнут захватывать электроны (минус и плюс притягиваться; эту истину вы наверняка помните). При этом возможны следующие варианты: ядру удобно притянуть к себе как раз столько электронов, сколько надо, чтобы образовался нейтральный атом; ядру удобно забрать число электронов меньше «нормы» — тогда образуется положительный ион; ядро захватило электронов больше «нормы» — образуется отрицательный ион. Может оказаться и так, что скольким-то электронам окажется выгодно остаться непристроенными и находиться, так сказать, в общем пользовании. Наконец, возможно, что ядрам удобнее всего создать микроколлективы и поделить между собой часть электронов. В этом случае говорят: образовалась молекула. Итак, когда температура снижена до минимума, мы можем встретиться со следующими видами твердых тел.

Первый: положительные ионы, сцементированные некоторым количеством «неприкаянных» электронов. Эти тела называются металлами.

Второй вид: шарообразные положительные и отрицательные ионы в виде плотных упаковок. Хотите зрительный образ? Пожалуйста. Упакуйте горкой бильярдные шары (отрицательные ионы), а в пустоте разместите шарики от пинг-понга (положительные ионы). Так по-

строено множество неорганических соединений, например силикаты. Такие тела называют ионными кристаллами.

Могут возникнуть группы объединившихся атомов с обобщенными электронами, тогда про твердое тело говорят, что оно построено из молекул. Если группки атомов относительно невелики, то химики называют соответствующие соединения низкомолекулярными. Напротив, если атомы объединились в очень длинные цепи или клубки, то говорят о высокомолекулярных соединениях, или макромолекулах.

* * *

Составляя этот маленький словарик, без которого все наши дальнейшие прогнозические рассуждения невозможны, я воспользовался словом «кристалл». По опыту лектора знаю, что со словом «кристалл» большей частью ассоциируется что-то совершенное, а потому, увы, редкое. На самом же деле все обстоит как раз наоборот. Редкостью являются некристаллические твердые тела.

Как же так? Кристалл имеет совершенную структуру — безупречно правильные грани!.. Именно поэтому такие образцы мы видим только в минералогических музеях!

Противоречие снимается с помощью обычного микроскопа. Оказывается, твердые тела состоят, как правило, из небольших (меньше микрона) кристаллических зерен. Если одно такое зернышко выделить и дать ему возможность расти, то можно получить из любого вещества (так, по крайней мере, утверждают энтузиасты-специалисты по росту кристаллов, работающие в Институте кристаллографии имени академика А. В. Шубникова) крупный и как бы превосходно ограненный кристалл, ничуть не уступающий по красоте сапфирам и яхонтам.

Как же устроен кристалл?

Идеально упорядоченно, как забор, как обои, как пчелиные соты, как кирпичная кладка. Металлический кристалл — это трехмерная решетка атомов, утопленных в электронном газе. Ионный кристалл — решетка из бильярдных шаров и шариков пинг-понга. Наконец, молекулярный кристалл — плотная упаковка причуд-

ливых по форме частиц, закономерно повторяющаяся в любом направлении.

Кристалл — символ идеального порядка, так же как газ — символ хаоса.

Но — и это очень важно для наших прогнозов — нет в мире идеального порядка, не существует и идеально упорядоченных кристаллов.

Кажется, общепризнано, что наилучшей в мире является шотландская шерсть. Когда мне удавалось найти отрез такой шерсти, я приходил к портному Николаю Васильевичу, и между нами обычно происходил такой диалог.

Н. В. *(восхищенно)*. Да, материал первый сорт, тут уж ничего не скажешь.

Я. Костюм должен получиться великолепным. Хороший материал и ваша работа — тому залог.

Н. В. *(без восхищения)*. Работа тут, прямо скажем, дьявольская. Клетку-то надо к клетке подогнать. Вот, скажем, спинка в рукав переходить будет. Тут уж, понимаете, как надо! Чтоб ни одного миллиметра ошибки!..

Я *(просительно)*. Уж постарайтесь, Николай Васильевич.

Н. В. Да уж не в первый раз...

И действительно, делал так, что линия переходила в линию, клетки образовали правильный узор.

Природа работает хуже Николая Васильевича и при создании трехмерной решетки довольно часто ошибается. Образуются различного рода дефекты — неправильные смещения соседних слоев, пустоты, трещинки.

То, что такие дефекты наверняка существуют и они оказывают решающее влияние на применение твердых тел, было установлено еще в начале нашего века.

Прочность тела — одно из важнейших его качеств. Создавая изделие, всякий раз необходимо уверяться в том, что металл, стекло, кирпич или ткань не подведут — не разорвутся или не сломаются в неожиданный момент, поставив под угрозу жизнь людей. Даже если речь не идет о драматических последствиях, все равно неохота иметь дело с вещами, которые могут тебя подвести.

Нет, вероятно, ни одного промышленного предприятия, которое не испытывало бы материалы, полупродукты или изделия на прочность. Часто для этой цели готовят

образец цилиндрической формы, имеющий вид, если посмотреть сбоку, римской единицы. Основания единицы захватываются цапфами специальной разрывной установки, включается моторчик, и цапфы начинают расходиться. Стрелка прибора показывает силу растяжения, которую испытывает образец. Сотни килограммов, тысячи... Раздается треск — образец разорван на две половинки. Число килограммов, отнесенное к единице площади сечения, называется сопротивлением на разрыв. Чем больше это число, тем лучше материал.

Борьба за прочность ведется многие десятилетия. Разумеется, она приобретает все большее и большее значение по мере бурного роста населения. Пока общество обходилось небольшим числом жилых зданий с толстыми стенами — строили их. Проблем не только прочности, но и теплопроводности, звуконепроницаемости не было. В городе Коломне, где мне приходится бывать время от времени, еще действует давным-давно построенная гостиница. Комфорта никакого, номера как клетушки. Но зато тишина абсолютная, летом прохладно и тепло зимой. Секрет элементарный: толщина стен не меньше метра, и простоять она может века.

Но в наше время такой подход не годится: это расточительство. А потому борьба за прочность, за звуконепроницаемость, за теплозащитные свойства тонких стенок ведется непрерывно.

Нет сомнения, что успехи, достигнутые в борьбе за прочность, немалые. Но придется признаться: они не столь уж велики.

Почему же так? В чем причина, что выигрыш всего лишь в 10—20 процентов считается важным достижением? Нет ли линии исследования, которая привела бы к тысячекратным увеличениям прочности? Может быть, достаточно бросить клич вроде: «Товарищи физики, поднажмите и придумайте способ усиления связи между атомами! Дело-то ведь, конечно, в этом. Чем крепче будут связаны атомы, тем прочнее будет предмет!» Казалось бы, так!

В начале этого века очень хорошему физику М. Борну удалось рассчитать силы связи между атомами. Правда, теория была создана не для металлов. Первым объектом для применения теории послужила поваренная соль. Причина такого выбора заключалась в том, что поваренная соль состоит из положительных ионов нат-

рия и отрицательных ионов калия. Притягиваются эти шарики по закону Кулона (читатель помнит, конечно, этот простой закон: сила взаимодействия прямо пропорциональна произведению электрических зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними).

М. Борн придумал, как просуммировать взаимодействия между всеми парами частиц, учел силы отталкивания между атомами, которые возникают, когда они подходят друг к другу на близкие расстояния, и вычислил теоретическое значение прочности поваренной соли (кстати, когда соль находят в природе, а не берут щепотку из солонки, то ее называют каменной).

Итак, теория готова. Дело за проверкой. Большой кристалл природной каменной соли не редкость. А выточить из него цилиндрик, в профиле похожий на римскую единицу, — дело пустяковое. Остается вставить в разрывную машину и посмотреть, до какого деления доберется стрелка регистрирующего прибора в момент разрыва образца.

Результат опыта был поразительным. Теоретические предсказания отличались от фактов на три порядка величины. Вычисленное значение сопротивления на разрыв оказалось в тысячу раз больше того числа, которое «выдал» испытательный прибор.

Справедливость расчетов М. Борна находится вне всякого сомнения, и поэтому для объяснения расхождения «практики и математики» требовалась какая-то новая идея. Она пришла в голову одновременно нескольким исследователям, в том числе одному из основателей советской физики, академику А. Иоффе.

М. Борн произвел расчеты для идеальной кристаллической решетки. Но если предположить, что внутри кристалла тьма трещин, пустот, дефектов, то взаимодействие между атомами будет во много раз меньше, чем у идеального кристалла.

Ряд остроумных опытов с полной несомненностью показал, что дело обстоит именно так. Известен знаменитый «опыт Иоффе» по растяжению образца каменной соли в воде.

Вода растворяет поверхность образца, рассуждал ученый, а потому должна устранять внешние трещины.

Так оно и оказалось. А. Иоффе показал, что проч-



ность резко возрастает при растягивании образца соли в воде.

В течение ближайшего десятилетия стало ясно, что борьба за прочность не столько борьба за увеличение сил взаимодействия между атомами, сколько борьба с внутренними дефектами кристаллических зерен.

Это и предопределило идею создания прочных материалов. Кристаллическое зерно должно быть мелким, а отдельные зерна надо сцементировать аморфной стекловидной прослойкой. Много шансов за то, что прочность возрастет, если комбинировать зернышки разной формы и разных механических свойств, скажем хрупкие и твердые с пластичными.

Можно предполагать, что будущее за комбинированными материалами из металлов и керамики, о чем мы поговорим поподробней чуть ниже.

Экстраполяционный прогноз таков: силы взаимодействия между атомами увеличить не удастся, поэтому надо стремиться к тому, чтобы улучшить микроструктуру материала, создать бездефектные крошечные зернышки и научиться их спаивать прочной и опять-таки бездефектной межкристаллической прослойкой.

Шансы на получение маленьких кристаллических частичек, лишенных дефектов, достаточно велики. В последние годы физики научились получать кристаллические «усики» — тончайшие кристаллы, практически лишенные дефектов. Прочность таких «усиков» достигает теоретического значения, рассчитанного М. Борном. Нам кажется, что вырастить крупные «усищи» в

ближайшее время вряд ли удастся. Но без этого можно обойтись — маленькие бездефектные кристаллики смогут послужить великолепной основой для создания высокопрочных материалов.

* * *

Напряженно вглядываясь в туманную даль будущего техники и держась изо всех сил за ариаднову нить экстраполяционного прогноза, можно видеть две дороги, двигаясь по которым человечество получит в свое распоряжение нужные ему вещества.

Первым путем как раз и является попытка впрячь в одну телегу коня и трепетную лань, то есть создание комбинированных материалов. Уже производятся «усики» карбида ниобия, которые внедряются в металл ниобий. Электрические свойства ниобия выше всех похвал, но прочность его чрезвычайно мала. Комбинированный материал из карбида ниобия и иниобия воплощает в себе только положительные их качества.

Употребляются также в промышленности тончайшие нити бора, залитые расплавом алюминия. В этом случае легкость алюминия объединяется с прочностью бора, образуя новый легкий и прочный материал.

Однако, предсказывая описываемый путь создания новых материалов, никто не может похвастаться выдающейся фантазией. По нему уже давно, собственно говоря, следует сама природа. Действительно, что, скажем, представляет собой дерево? Не что иное, как комбинированный материал, в котором нити целлюлозы внедрены в матрицу лигнина. Так природа объединила крепость одного компонента и гибкость другого.

Вот почему большинство исследователей, сочиняющих новые материалы и мечтающих о том, чтобы получить нечто прочное, легкое и не поддающееся коррозии, идут по пути создания всяческих смешанных систем.

Необходимо заметить, что на этом пути сделаны лишь первые шаги. И за стеклянными нитями, внедренными в резину, последуют тысячи других подобных находок.

Сколько веков можно пользоваться чугуном и сталью? Спору нет, прочность их выше всякой критики. Однако они тяжелы, а чугун вдобавок и хрупкий.

Нет, в будущем этим труженикам придется уступить место комбинированным материалам. Может быть, заменителями станут алюминий, бор, магний, в которые будут внедрены бездефектные кристаллики железа или кобальта. А еще лучше, если будет преодолена хрупкость керамических материалов. Не исключено, что будут созданы тела, состоящие из керамических или стеклянных зерен, отделенных друг от друга тончайшими оболочками металлов.

Разумеется, по этому же пути сочетания чистых веществ с разными свойствами пойдут и те творцы новых веществ, которые озабочены получением, скажем, прозрачного материала, обладающего магнитными свойствами, или прозрачной резины, или легкой, гибкой и немнущейся ткани (от прозрачности в этом случае можно отказаться).

В зависимости от конечной цели будут применяться самые различные способы смешения разных веществ. Способы эти уже все известны. Прежде всего можно предложить перемешать атомы или молекулы известных веществ. За эту идею патент, правда, не дадут, так как и этот способ составления смесей известен не одну тысячу лет и называется сплавлением.

Нанесение поверхностных слоев, увы, также давно известно. Но изобретатель, конечно, не должен этим огорчаться, поскольку наряду с хромированием или никелировкой он может предложить нанесение на поверхность любого вещества любое другое.

Идея перемешивания зернышек разных материалов также не блещет новизной. Более свежей придумкой является внедрение нитей в пластическую матрицу.

Если учесть то число интересных по своим качествам веществ, которым располагает человечество, то нетрудно сообразить, что количество смесей и комбинаций, используемых доселе, составляет лишь ничтожную часть того, что можно придумать. Так что число патентов, которые будут выданы на новые комбинированные материалы, будет расти в геометрической прогрессии еще многие годы.

Путь создания комбинированных материалов, объединяющих в себе твердость алмаза, гибкость резины, прозрачность хрусталя, электропроводность меди, магнитные свойства железа, легкость алюминия, является, думается нам, столбовой дорогой в технике.

* * *

Однако есть еще одна дорожка, даже не дорожка, а тропинка. Шагают по ней не техники, а физики. Речь идет о способах изменения сил взаимодействия между атомами одного и того же вещества.

Свойства тела определяются характером связи между составляющими его атомами. Эти силы, как говорилось выше, могут быть силами электрического притяжения и отталкивания, как в ионных кристаллах; это могут быть силы, возникающие при цементировании ионных остатков электронным газом, как в металлах; это могут быть силы направленной (валентной) связи между атомами.

Самые слабые силы — межмолекулярные. Если твердое тело построено из молекул, то разрушить его ничего не стоит. Яркий пример — нафталин, который «испаряется» при комнатной температуре. Крепче всего тела, атомы которых связаны валентными силами. Таков алмаз — символ твердости.

А нельзя ли сделать так, чтобы слабые силы взаимодействия заменить сильными? В принципе (а раз в принципе, наверное, и на практике) возможно.

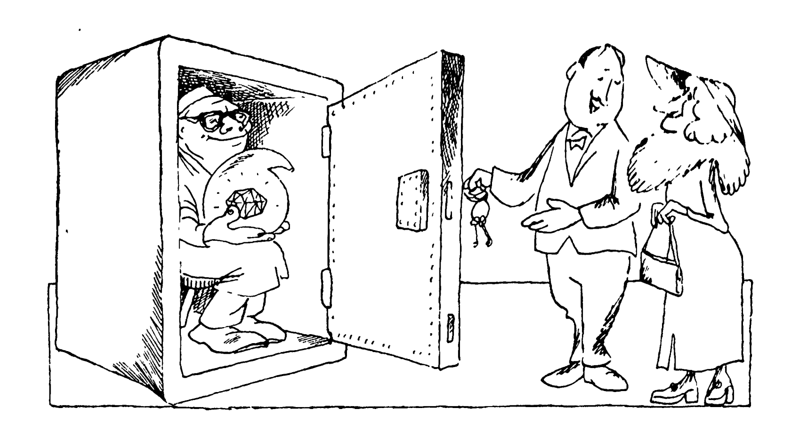
Известно, что одно и то же вещество может существовать в разных модификациях. Прозрачный и твердый алмаз и черный, пачкающий руки графит построены из одних и тех же атомов углерода. Существуют желтая и красная сера, сильно отличающиеся своими свойствами. А сортов фосфора имеется целых пять. Молекулы воды при замерзании устраиваются шестью разными способами.

В Советском Союзе научились изготовлять искусственные алмазы, превращая в них дешевый графит. Такими превращениями мы меняем характер связи между атомами. Так что имеется возможность заставить атомы разных элементов соединяться по-разному.

Можно, к примеру, предсказать большое будущее еще одной модификации углерода.

В алмазе каждый атом протягивает четыре руки к своим соседям. Таким способом образуется трехмерная постройка, в которой атомы связаны одними лишь валентными силами. Ничего более крепкого не выдумаешь.

В графите каждый атом соединен валентными силами с тремя соседями. При такой связке создаются слои



атомов. А как же ведут себя слои? Они притягиваются друг к другу самыми слабыми силами — такими, как в кристалле нафталина. По этой-то причине графит является хорошим смазочным материалом и идет на изготовление карандашей: его слои соскальзывают друг с друга от малейшего усилия.

Но из атомов углерода можно создать и цепочки. Часть атомов в таких цепочках будет иметь только двухвалентных соседей. Такой материал существует и представляет собой нити поразительной крепости. В отличие от хорошо известных капрона, нейлона и полиэтилена они, не разрушаясь, выдерживают огромные температуры. Исследователи возлагают на эти нити большие надежды. Сочетая их с какими-либо легкими пластическими материалами, удастся создать легкие, прочные и пластичные конструкционные материалы, которые будут пригодны для изготовления всевозможных приборов, аппаратов и даже необыкновенно легких самолетов. И, несмотря на то, что результаты исследований станут ясны лет через двадцать, работать в этом направлении необходимо неустанно.

Характер связи между атомами кардинально меняет свойства вещества, состоящего из этих атомов. Газ кислород, которым мы дышим, построен из двухатомных молекул. Но нет ничего противоречащего законам природы в допущении возможности синтеза кольчатых молекул кислорода, состоящих, скажем, из шести, а то и шестнадцати атомов. Вещество, построенное из таких молекул, будет жидким. Его можно будет налить в

бутылку и взять с собой в альпинистский лагерь на вершину Эвереста.

Строго научная фантазия позволяет предположить, что будет найдена подходящая «искра», превращающая кольчатые молекулы в двухатомные, то есть в такие, из которых состоит тот кислород, которым мы дышим. Если так, то проблема кислородного голодания будет решена.

Создание не вполне стабильных атомных систем (вспомните наше сравнение нестабильной молекулы с мячом, застрявшим по дороге в долину во встречной яме) — увлекательная задача для физика. Вероятно, основными способами получения жидкого кислорода, металлического водорода, твердой, как алмаз, серы и так далее и тому подобное будет использование сверхвысоких давлений и сильных электромагнитных полей.

Срок жизни неустойчивых атомных построений может быть самым разным. Их существование зависит прежде всего от давления и температуры. При комнатной температуре олово может быть белым и серым. Оба сорта олова обладают разными свойствами и, разумеется, разной структурой. Но при низкой температуре происходит превращение. Об этом узнали на своем горьком опыте участники экспедиции Скотта на полюс Земли. При больших морозах сосуды, спаянные оловом, разрушились. Оловянная чума — такое название получил переход серого олова в белое — сыграла с ними свою роковую роль. При комнатной температуре эта болезнь развивается бесконечно медленно. Чем ниже температура, тем быстрее идет превращение. А при совсем низких температурах процесс может произойти мгновенно.

Итак, разные конструкции из одних и тех же атомов и молекул ведут себя по-разному. И физикам, которые занимаются поисками разных «ям» для одних и тех же веществ, предстоит еще много работы.

* * *

Каждое десятилетие приносит огромные успехи в создании новых материалов с замечательными магнитными свойствами. Одно из них — магнитную проницаемость — техники улучшают быстрыми темпами. Кажется, в два раза возрастает это важное для промышленности свойство каждые пять лет.

Магнитные свойства материалов характеризуют так называемой петлей гистерезиса, вид которой приведен в любом учебнике физики. Ученых, связанных с техникой, интересует как длина, так и ширина петли.

Варьируя их, они стремятся к двум целям. Чтобы, во-первых, в зазоре подковообразного магнита поле было как можно более однородным, то есть строго одинаковым во всех точках зазора. Во вторых, чтобы поле было сильным.

Нельзя сказать, что для достижения этих результатов еще имеются большие резервы. Исследователи уже близки к тому, чтобы выстроить параллельно магнитные «стрелочки» всех атомов сплавов кобальта, железа, никеля и марганца. И тогда будет получен предельно сильный постоянный магнит. Правда, есть одно «но». Теоретические расчеты показывают, что и в этом случае магнит будет не столь уж сильным. И чтобы усилить его, надо прибегнуть к электромагниту, то есть магниту с обмоткой, через которую идет ток.

Однако и постоянные магниты, пусть даже не очень сильные, нужны для разных областей техники. Достаточно напомнить, что качество микрофонов определяется качеством магнитов.

Все это довольно известные вещи; и поэтому стоит рассказать об одной линии действия науки, занимающейся улучшением качества магнитов, о которой читатель, возможно, не слыхал. Большие (многотонные) магниты высокого качества нужны для ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Что это за резонанс и зачем он нужен?

ЯМР — это мощный способ исследования структуры вещества. Если будет создан очень сильный и очень однородный магнит, то с помощью ЯМР удастся за какую-нибудь минуту узнать строение молекулы вещества и изобразить на экране, в какой последовательности связаны друг с другом ее атомы. Суть дела состоит в следующем.

У большинства атомных ядер (Я) имеется магнитный момент, то есть ядро ведет себя как магнитная стрелка (М). В зависимости от того, в каком окружении находится тот или иной атом, «магнитная стрелка» его ядра по-разному защищена от воздействия поля большого магнита, о котором идет речь. Это значит, что разные ядра находятся в отличающихся друг от

друга собственных полях. Проведем мысленный эксперимент.

На исследуемое вещество, находящееся в зазоре магнита, наложим радиочастотное поле и начнем менять его частоту (сканировать — называют это действие). Все «магнитные стрелки» атомных ядер колеблются со своей собственной частотой, зависящей от того, в каком поле они находятся. А когда частота внешнего радиочастотного поля совпадает с собственной частотой ядра — стрелки, возникает резонансное (Р) поглощение. У каждого атома поглощение происходит при своей частоте. А она может быть зафиксирована приборами. Таким образом, зная изменение частоты внешнего поля, удается распознать все атомы.

Итак, хорошие сильные магниты — вещь полезная. Но, чтобы создать сильное магнитное поле, естественными магнитами не отделаешься. Нужны электромагниты, и притом со сверхпроводящей обмоткой.

* * *

Что такое сверхпроводимость, наверное, многие знают. Явление это открыто много десятилетий назад, но объяснить, почему при очень низких температурах электрический ток не испытывает никакого сопротивления в своем движении по проводу, удалось относительно недавно. При этом оказалось, что для создания теории не требуются новые принципы. Объяснение содержалось в законах квантовой механики, открытых, как известно, в 1926 году. Однако логическая дорожка, которая вела от генерал-закона к частному явлению сверхпроводимости, была покрыта густыми зарослями. Несмотря на то, что множество великолепных умов занимались ее поисками, удача открытия теории пришла более чем через тридцать лет. Американские физики Бардин и Купер, получившие Нобелевскую премию за создание теории сверхпроводимости, — люди высокоталантливые. Поэтому сказать, что им просто повезло, было бы несправедливо. Но нельзя забывать и того, что многие ученые (трудно, например, переоценить вклад, внесенный в проблему сверхпрово -мости советскими физиками Л. Ландау, Н. Боголюбовым, В. Гинзбургом) подготовили почву, на которой выросла теория сверхпроводимости. Продолжая нашу аналогию со скрытой от глаз

тропинкой, можно сказать, что исследователи, занимавшиеся проблемой сверхпроводимости до Бардина и Купера, обнаружили несколько несвязанных участков дорожки, а на долю будущих лауреатов выпало соединить эти отдельные участки в одну дорогу.

То обстоятельство, что создание теории явления оказалось таким сложным делом и потребовало труда целого поколения ученых, показывает, что объяснить его на страницах издания «Эврики» — вещь очень трудная. Кроме того, нельзя сказать, что теория завершена. Пока что она не способна дать инженерам конкретные рецепты, по которым они смогли бы добиться такого успеха, чтобы это свойство проявлялось при комнатной температуре.

Борьба за повышение температуры сверхпроводимости ведется неустанно. Рекорд, правда, сегодня невысок: пока еще минус 250 градусов. Таким образом, для использования сверхпроводимости на практике осталось сделать немало — повысить точку перехода в сверхпроводящее состояние, по крайней мере, на 300 градусов.

Ученые-теоретики усиленно заняты поисками систем, сверхпроводящих при комнатной тепературе. Есть сырая идея о том, что такими системами могут быть «сандвичи» — вещества, состоящие из чередующихся молекулярных слоев диэлектрика и проводника.

Надо ли доказывать, сколь величественной является проблема поиска сверхпроводников, работающих при обычной температуре? Ведь какая будет получена огромная экономия при передаче энергии по проводам — ясно каждому!

Но стоит обратить внимание на другую вещь. Человечеству надоели выхлопные газы. Бензиновые и дизельные двигатели не доведут нас до добра. В Токио регулировщики уличного движения дежурят уже в противогазах. В больших городах в буквальном смысле слова нечем дышать. Неудивительно, что именно в Японии, плотно населенной и технически высокоразвитой стране, разрабатываются идеи магнитного транспорта, использующего даже существующие сверхпроводники, работающие только при температуре жидкого гелия. Японцы считают, что, несмотря на огромную дороговизну транспортной трубы-тоннеля, омываемого жидким

гелием, за это дело стоит взяться. Каков же принцип действия «магнитного» транспорта?

Он хорошо известен. Помещенные на определенных расстояниях электромагниты «перебрасывают» небольшой вагончик друг к другу. Пройдя один магнит, вагончик по инерции и под действием тяжести устремится вперед и чуть вниз. Тут его подхватит второй магнит. Правда, движение будет происходить по слегка волнистой кривой, однако пассажиру это не причинит особых неудобств. Огромная скорость и практически отсутствие затрат энергии на движение окупят, по мнению японцев, расходы по поддержанию сверхнизкой температуры в минус 270 градусов.

Теперь ясно, что открытие сверхпроводников, работающих при обычных температурах, произвело бы революцию не только в технике электропередачи, но и на транспорте.

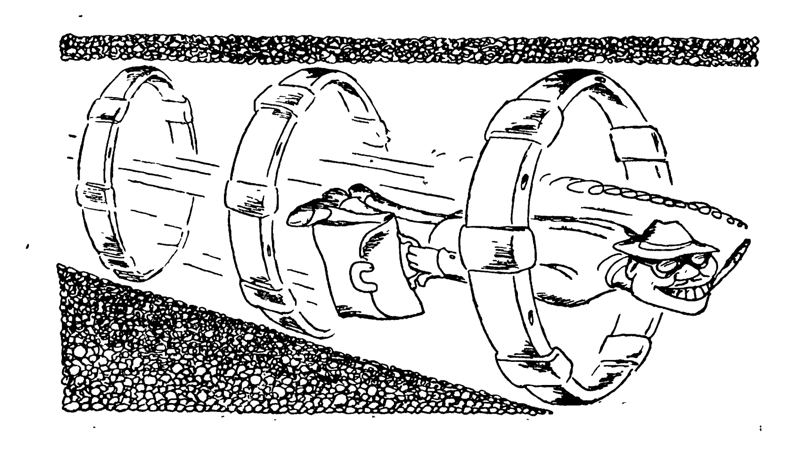
Сверхпроводимость — это еще в большой степени мечта. И, несмотря на то, что перспективы этой отрасли науки совершенно фантастичны, на развитии ее не сосредоточены такие силы, как на усовершенствовании полупроводников.

* * *

Создание новых полупроводящих материалов остается по-прежнему в центре внимания техники. Работы ведутся как в области улучшения свойств полупроводников типа кремния и германия, так и в области поисков поля у проводниковых сплавов типа арсенида галлия. Казалось бы, что делать исследователю с таким материалом, как кремний? Кремний — он кремний и есть!

Но оказывается, что полупроводниковые свойства чувствительны ко всему на свете. Мельчайшие дефекты, ничтожнейшие примеси могут существенно изменить свойства материала. Так что страницы научных и технических журналов остаются заполненными исследованиями, посвященными давно известным материалам.

Основной целью в поисках лучших полупроводников является миниатюризация. Радиоприемники и магнитофоны уменьшились на глазах даже самого юного нашего читателя. Уже находятся в продаже карманные электронные вычислительные машины, правда обладающие пока что небольшими возможностями.



По мере усовершенствования полупроводниковой техники ЭВМ появятся во всех библиотеках, а затем и во всех квартирах наряду с телевизором и холодильником. Кстати, о телевизорах. Работа в области создания крупных кристаллов полупроводников приведет к сверхплоским безвакуумным телевизорам, которые можно будет вешать на стене, как картину.

В недалеком будущем появятся индивидуальные радиостанции, позволяющие связаться с любым знакомым, где бы он ни был — в Индии или в Австралии. Осуществление этой задачи не за горами. За границей уже сейчас продаются «токи-воки» (talky-walky), что в переводе на русский язык означает примерно «гуляй-болтай». «Токи-воки» — это два маленьких передатчика-приемника, настроенных на одну волну. В лесу вы можете с приятелем искать грибы и не бояться потерять друг друга. А в ГУМе при наличии «токи-воки» вы будете знать, что ваша подруга находится в отделе готового платья в то время, когда вы выбираете себе подходящую удочку.

* * *

Мы живем в пору бурного научно-технического прогресса. Конечно, как справедливо было замечено в одном научно-фантастическом романе, «не всякий прогресс прогрессивен».

Страна, которая уверенно шествует к коммунисти-

ческому обществу, планирует научно-технический прогресс, отбрасывает в сторону то, что человеку не надо, подчиняет технику его интересам, памятуя, что главная цель коммунизма — это создание условий для полнокровной радостной жизни людей, населяющих планету.

Не надо об этом забывать, планируя деятельность в области создания новых материалов.

Как уже говорилось, современная физика может предсказать предельные свойства тел. Не может быть тела более прочного, чем бездефектный кристалл алмаза. Намагниченность определяется числом атомов в единице объема и будет максимальной в том случае, если «магнитные стрелки» всех атомов будут смотреть в одну сторону. Электрическое сопротивление проводника может быть практически доведено до нуля, если понизить температуру.

Наука не только указывает дороги, которыми надо следовать для достижения важных целей. Она помогает распознать и тупики. Можно привести примеры невозможного, противоречащего законам науки. Не будет создана тонкая нитка, с помощью которой можно было бы вытащить застрявший в грязи грузовик. Не будет изобретена тончайшая ткань, предохраняющая тело от холода...

Итак, природа сама ставит пределы возможного и невозможного, но они нисколько не мешают нам создавать великолепно устраивающий нас мир. Так что нет причин огорчаться этим пределам. А если будут найдены новые атомы? — спросит читатель, не признающий пределы дерзания человеческой мысли.

Не получается. Таблица Менделеева заполнена, и все стабильные атомы с временами жизни, достаточными для того, чтобы их использовать в производстве, уже открыты. Появление нового стабильного атома означало бы крушение закона Менделеева и уравнений квантовой механики. Такого не будет.

Но ведь будут найдены новые молекулы?!

Без сомнения, и тут читатель имеет право фантазировать безудержно. В его распоряжении вся сотня атомов таблицы Менделеева, и никто не вправе поставить под сомнение возможность получения самой удивительной атомной конструкции.

А как же законы валентности?

Действительно, как правило, те простые законы ва-

лентности, которые все мы изучали в школе, работают безотказно. Углерод может быть сцеплен с двумя, тремя и четырьмя атомами; кислород — с одним или двумя; водород — только с одним атомом и т. д. Но в последние годы химики синтезировали огромное число занятнейших «уродов», которые напоминают нам, что правила валентности весьма условны. Молекула может быть построена как угодно, лишь бы образующие ее электроны и ядра заняли такую конфигурацию, которая соответствует достаточно глубокой ложбинке на склоне горы (прошу вернуться назад и прочитать еще раз метаспортивное отступление).

Химики были совершенно ошарашены открытием ферроцена. Оказалось, что валентные черточки можно проводить не только от атома к атому, но от «центра» одной группы атомов к «центру» другой группы атомов.

Большим событием было открытие семейства молекул, части которых скреплены без участия валентных связей. Эти молекулы носят название катенанов, и они в точности напоминают обыкновенную цепочку: колечки из валентносвязанных атомов продеты друг в друга. Наверное, в дальнейшем на этом же принципе будут созданы двухмерные и трехмерные сетки.

Пока что эти вещества получены в субмикроскопических количествах, и кольца построены из атомов углерода. Но в принципе возможны катенаны, содержащие атомы азота, кислорода, серы, фосфора... Если бы удалось решить задачу создания таких материалов в промышленном масштабе, то мы получили бы в свое распоряжение ткани любых цветов, обладающие предельной крепостью и совершенной гибкостью; ткани, которые абсолютно не мнутся и которые невозможно порвать. Как видите, есть о чем мечтать, не изменяя законам природы.

Сенсацией явилось получение соединений благородных газов. По правилам валентности им не полагалось бы образовывать какие-либо вещества. Поскольку по таблице Менделеева эти атомы (аргон, неон) обладают нулевой валентностью, они не должны вступать в связь с атомами другого сорта. По этой причине их и называют благородными, или инертными.

В соответствии со сказанным можно придумывать молекулы, в которых углерод выступает как бы пятивалентным, фосфор — восьмивалентным, а сера соеди-

няется с тремя соседями. Законам природы это не противоречит. А правилам валентности?..

Ну что ж, простимся с ними, как со строгими законами, но не лишим их нашего превеликого уважения, так как все же подавляющее большинство химических соединений подчиняется этим правилам с полной покорностью.

— Ага, — восторжествует наш оппонент, — значит, будут новые, построенные самым неожиданным образом молекулы! Почему же нельзя допустить создание веществ со свойствами, выходящими за рамки сегодняшней фантазии ученого-скептика?

По той причине, что, как бы причудливо ни были бы построены новые молекулы, силы взаимодействия между ними будут подчиняться известным нам законам. А свойства материалов — суть следствия межмолекулярных и межатомных сил. Так что никакие атомные конструкции не приведут нас к кевориту и к излучателям телепатических «пси»-лучей.

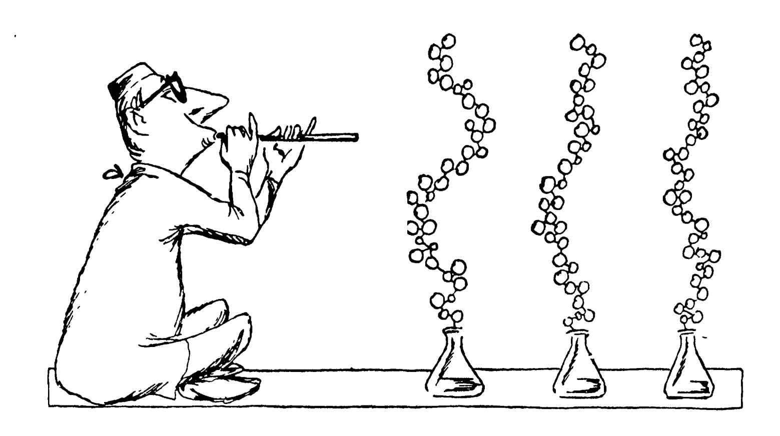
Но не надо расстраиваться. Синтез новых молекул принесет нам немало замечательных открытий, ничуть не менее романтических, чем полюбившаяся многим журналистам антигравитационная материя.

— Это вы просто хотите подсахарить пилюлю, — хмуро заявляет оппонент. — Сами же только что сказали, что законы взаимодействия атомов не изменить.

Сказал. Некоторая доля скепсиса небесполезна. Нет сомнения в том, что будут получены очень нужные человечеству новые вещества. Но в то же время, зная предельные свойства веществ, нужно направлять деятельность синтетиков (так называют ученых, изготовляющих новые вещества) в определенное русло, нужно планировать науку.

Число уже синтезированных веществ исчисляется миллионами. Продолжать эту работу можно до бесконечности. Но нельзя закрывать глаза и на то, что большую часть новых веществ, полученных химиками, можно вместить в крошечные пробирки, и они мирно покоятся на полках шкафов.

Без сомнения, кончилось то время, когда всякий новый синтез был интересен по той причине, что он открывал новые закономерности связывания атомов. Открытие ферроцена, о котором только что шла речь, практического значения не имело и скорее всего иметь не



будет. Однако важно было узнать, что валентные черточки могут соединять не только атомы, но и группы атомов. Эти сведения пригодятся тому химику, который примется за новый синтез, преследуя определенную практическую цель.

Поговорим теперь о синтезе макромолекул.

* * *

Макромолекулы — это, попросту говоря, большие молекулы. Не станем обсуждать, начиная с какого числа атомов молекулу надо назвать большой. Это так же бесполезно, как назвать число волос на голове, отделяющее лысых дядей от молодых людей с богатой шевелюрой. Во всяком случае, когда число атомов начинает измеряться тысячами, говорят о макромолекулах. Самые большие макромолекулы могут достигать размера сотых долей микрона (в мире атомов это Хеопсовы пирамиды).

Законы логики и в этом случае могут быть положены в основу вывода о создании всех возможных макромолекул. Большие молекулы могут быть построены из одинаковых кусочков и из разных. Отдельные звенья могут образовывать линейные последовательности, двухмерные сетки, а также трехмерные каркасы. Труднее придумать невозможную комбинацию, чем предложить невероятную, которую нельзя было бы осуществить на опыте.

Макромолекулы существуют в природе, кроме того, их изготовляют в лабораториях и на фабриках. Уже давно химики знали, что молекулы целлюлозы, каучука, белков состоят из многих тысяч атомов. И так же давно искусственные макромолекулы считались «грязью» — отходами, которые полагалось выплескивать в раковину. Но в 40-х годах положение дел изменилось. На сцену вышли нейлон, капрон, полиэтилен и другие синтетические полимеры.

Всякая полимерная молекула является макромолекулой, но не всякая макромолекула является полимерной. Приставка «поли», означающая «много», говорит сама за себя. Полимерными называют такие молекулы, которые построены из повторяющихся единиц. Нитка с нанизанными одинаковыми бусинками — вот подходящий зрительный образ для молекул вроде нейлона.

Долгое время синтез полимерных молекул заключался в создании таких условий, при которых одна бусинка присоединялась к другой любым способом. В каком смысле — любым?

Представьте себе, что бусинка не круглая, а овальная. Тогда можно собрать цепочку из бусинок, надетых на нитку в одинаковых положениях (скажем, все бусинки нанизаны длинной осью вдоль нити или, напротив, все — поперек). Так вот, на первых порах нанизывание бусинок происходило по закону случая (одна вдоль, другая поперек, третья под углом к оси молекулы). Однако затем был открыт способ получения упорядоченных молекул. Благодаря этому резко улучшились механические свойства синтетических материалов (чулки стали рваться пореже).

Стремление к упорядоченному программированному автоматическому синтезу длинных молекул является, как мне кажется, основной тенденцией химии больших молекул. В идеале синтез нужных макромолекул (нужного нового вещества) мог бы выглядеть так. В котел бросают частички А, Б, В, Г... Составляется программа построения нужных молекул, допустим, АВ АВГ. БАВГАБВАГВАГАГАБВА... Включается установка, и... синтез идет сам по себе. Лавры Артура Кларка, безудержного фантазера, меня не волнуют, и я остерегусь называть год и даже десятилетие, когда такой план действия станет реальностью. Но думаю, что это будет довольно скоро.

Нетрудно сообразить, что число новых молекул, которые можно создать, практически равно бесконечности. Может быть, когда-либо конструкцию новых молекул будут рассматривать как нечто вроде игры в шахматы. Скажем, выигрывает тот, кто составит более прочную молекулу, состоящую из одного «короля», одного «ферзя» и восьми «пешек»...

Но не стоит, наверное, считать, что человечество будет без конца придумывать все новые и новые вещества. Синтез макромолекул будет проводиться до тех пор, пока в этом будет иметься практический смысл. И все же надо заметить, что ждать каких-либо грандиозных событий в области производства синтетических тканей, видимо, не приходится. Конечно, чулки, джемперы и брюки из перлона, дакрона, кримплена каждый год становятся несколько лучше. Но прогресс не столь значителен, как хотелось бы, и, что самое интересное, все же хлопок, шелк и шерсть остаются вне конкуренции. Однако, пожалуй, не в этом будущее макромолекулярной химии. Тогда в чем же? В совершенствовании технических приемов?

Без сомнения, еще масса дела у технологов, озабоченных получением различных масел, присадок, покрытий, заменителей, металлов. И все же я сомневаюсь в том, что на этой дороге нас ждут революционные открытия. Да и, честно говоря, разве столь уж велика нужда в новых тканях, новых строительных материалах? Если как следует призадуматься, то придешь к заключению, что наука и техника дали человечеству все материалы, которые требуются ему для комфортабельной и интересной жизни.

Но есть одна область науки, которая находится еще в младенческом состоянии. Имеется в виду биология.

В то же время доказывать, что понимание биологических закономерностей позарез нужно людям, — значит ломиться в открытую дверь. Поэтому мне кажется, что будущее макромолекулярной химии в служении биологии. Человечество вплотную подошло к производству живого. Дело «за небольшим» — надо научиться изготовлять кирпичи, из которых построено живое. А оно построено из макромолекул.

Но прежде чем приступить к решению этой важнейшей и увлекательной проблемы, надо изучить, как работает фабрика жизни. Только тогда нам станут яс-

ны те задачи, которые стоят перед химией больших молекул. Только тогда мы сможем прогнозировать создание новых веществ.

* * *

Можно ли методами химического синтеза создать живой организм?

Всего лишь несколько десятков лет назад даже постановка такого вопроса казалась святотатственной. Опытное же доказательство того, что жизнедеятельность есть сумма химических процессов, является важнейшим подтверждением основной идеи диалектического материализма, утверждающего единство мира.

Доказательства, о которых идет речь, получены в последние годы. Они революционизировали мышление людей, в том числе и тех, кто вроде бы нехотя «в принципе» соглашался, что живая материя состоит из тех же электронов и атомов, из которых состоят железные балки и каменные колонны. Это и понятно. Одно дело — некий абстрактный принцип, с которым ты миришься в полной уверенности, что реализация его практически невозможна. И совсем иначе начинаешь мыслить, когда узнаешь механизм химического производства живого организма и видишь пусть на самом элементарном примере, что принцип работает.

История науки свидетельствует: если удалось осуществить какое-то явление хоть в самом незначительном масштабе, если продемонстрирована справедливость закона природы для простейшего случая, то экстраполяция является наизаконнейшим приемом. Из слабо мерцающей лампочки с угольной нитью рождаются лампы ярче солнца. Детская игрушка, состоящая из двух слабеньких магнитных полюсов и вращающейся между ними проволочной рамки, приводит к электрификации мира. От крошечного лабораторного экрана, светящегося под действием радиоактивных частиц, недолгим оказывается путь к высвобождению энергии, запрятанной в недрах атомов...

Поэтому нет сомнения в том, что первые удачные опыты по синтезу ДНК (мы расшифруем эти буквы чуть ниже), проведенные в 60-х годах, открыли дорогу к синтезу живой материи химическими методами.

Если еще каких-нибудь двадцать лет назад даже

среди хороших биологов можно было найти таких, которые считали, что существуют «особые законы», справедливые только для живого, и возводили непреодолимую стену между живым и неживым, то теперь, мне кажется, трудно найти ученого, который не верил бы в возможность синтеза живой клетки.

Уверенность в том, что создание «фабрики живого» не является предметом, достойным внимания одних лишь авторов фантастических романов, основана прежде всего на достаточно ясном понимании механизма передачи наследственности и схемы производства белковых молекул-кирпичей, из которых строится живой организм. История этого достижения разыгралась на глазах одного поколения.

Классический период развития генетики, когда ген рассматривался как некая формальная, абстрактная и неделимая единица, закончился всего лишь лет тридцать назад. Результаты опытов по скрещиванию различных пород животных и сортов растений, находящиеся в превосходном согласии с законами, установленными Грегором Менделем в 1865 году, не позволяли грамотному и объективному исследователю сомневаться в существовании некоего носителя наследственности. Разумеется, большое число биологов задумывалось над тем, что же такое ген. Многие из них понимали, что надо перекинуть мост через овраг, разделяющий генетику и химию.

В конце 30-х годов удалось показать, что имеется прямая связь между цветом глаз мутантных разновидностей мушки дрозофилы и биохимическим синтезом пигмента, обеспечивающего мушкам цвет их очей. Поскольку этот биохимический синтез направлялся и контролировался определенной молекулой белка (такие «контролеры» называются энзимами), то отсюда был сделан вывод, что мутация, то есть изменение гена, влечет за собой потерю способности образовывать соответствующий энзим.

С каждым годом становилась все яснее важность этого направления исследований. Мушки дрозофилы оказались чересчур сложным объектом, и биохимики стали прослеживать идею связи генной структуры с синтезом вещества, который выполняет живая фабрика, на микроорганизмах.

В 40-х годах теория «один ген — один энзим» по-

лучила достаточно широкое признание. Сущность ее сводилась к следующему. Что бы там ни представляли собой пока что таинственные гены, но ответственность каждого из них за тот или иной наследственный признак (цвет глаз, форму крыльев и т. д.) однозначно связана с его химической функцией производства молекул белка.

Таким образом, выходило, что гены имеют исключительно узкую специализацию: каждый из них производит одну огромную молекулу — молекулу белка, которая, в свою очередь, выполняет строго определенную задачу, а именно: контролирует и направляет в нужную сторону биохимическую реакцию.

Изящная гипотеза, не правда ли? Четкая и основанная на представлении о единстве природы. В ядре клетки имеются гены, каждый ген есть машина по производству молекулы белка, а молекула белка является контролером и управителем одной из химических реакций, необходимых для роста организма и его нормальной жизнедеятельности. Но как все это происходит? Каким образом ген производит молекулы белков? И, в конце концов, что же такое ген?

Неясностей было очень много. Скептики полагали, что химическая интерпретация биологических процессов если вообще и возможна, то, во всяком случае, является делом далекого будущего.

Основания для такого отношения были весьма солидны. Что значит дать химическую интерпретацию биологических явлений? Ответ ясен: надо подробно описать атомно-молекулярный механизм производства молекулы белка геном. Для этого, в свою очередь, нужно знать, как устроен ген, требуется также заиметь данные о структуре молекулы белка. То есть получить сведения о деталях конструкций, состоящих из десятков тысяч атомов; установить, как эти атомы скреплены между собой, в какой последовательности расположены, какую форму образует цепь атомов, связанных валентными силами! Но разве возможно решить задачу такой сложности? В конце 40-х годов лишь слабо мерещился путь к ее решению. И только несколько зорких людей отправились за синей птицей.

Прошло всего лишь двадцать лет с той поры. За это время относительно небольшая армия исследователей — физиков и биохимиков совершила научный подвиг, ко-

торый сравнивают с открытием Ч. Дарвином теории эволюции. Установлена структура гена; определено атомное строение нескольких десятков белковых молекул; выяснен механизм передачи наследственных признаков; стало известно, каким образом гены производят молекулы белков; на языке атомов интерпретированы мутации; осуществлено вмешательство в биохимический синтез и, наконец, намечены пути синтеза живого вещества. И это за двадцать лет! За каких-нибудь двадцать лет! Если темп развития наших знаний в области молекулярной биологии останется тем же — а скорее всего так оно и будет, — то выращивание живых организмов в колбах и поправка генных дефектов (то есть неселекционное управление наследственностью) станет реальностью на рубеже XX и XXI веков!

Многие биологи полагают, что романтический период в молекулярной генетике уже закончился. Принципы этой науки установлены, остается труд. Работа предстоит огромная — нужно выяснить механизм множества процессов, протекающих в живом организме, определить структуру тысяч биологических макромолекул...

Последний термин приобрел права гражданства лишь в начале 50-х годов, но возник он значительно раньше.

Д. Берналл и В. Астбюри — ученики отца и сына Бреггов, открывших рентгеноструктурный анализ (основной метод изучения структуры вещества), — были, вероятно, первыми исследователями, предпринявшими в 20-х и 30-х годах попытки определить пространственное расположение атомов в структурах нуклеиновых кислот и белков. Они предполагали, что только на этом пути будут найдены разгадки функционирования живого организма, и выразили уверенность в принципиальной возможности интерпретации биологических фактов на молекулярном уровне. И оказались правы.

Перешагнем через несколько десятилетий и в телеграфной форме сообщим читателю, как говорится, положение на сегодняшний день. Начать надо со структуры белковых молекул.

Уже давно известно, что молекулы белка представляют собой цепи, построенные из 20 различных «кирпичей» — аминокислот. Не станем приводить их названия, хотя некоторые из них, например метионин или глута-

мин, знакомы лицам, вынужденным прибегать к услугам аптек. Аминокислоты связаны друг с другом одинаковыми «колечками» (химики называют эту связь пептидной). Так что найти структуру молекулы белка — это значит прежде всего определить порядок следования аминокислот. Но это не все. Нужны сведения и о форме молекулы.

Сейчас этой нелегкой работой занято большое число лабораторий. Вероятно, биологам нужно знать структуру всех белков. Так что в некотором обозримом будущем на книжных полках библиотек будет стоять толстая книга, содержащая сведения о последовательностях аминокислот во всех белковых молекулах.

Важность этих сведений не подлежит сомнению. Достаточно одной или двух перестановок в следовании аминокислот, чтобы произошли коренные изменения в жизни организма. Врожденная болезнь или тяжелое уродство может быть следствием совершенно пустякового изменения в структуре того или иного белка.

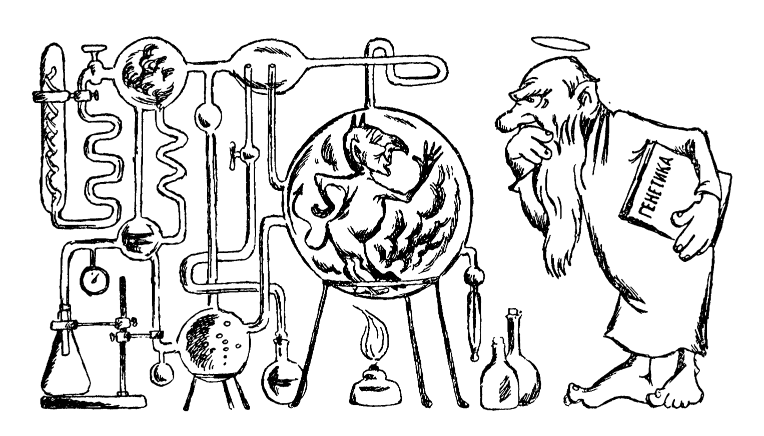
Исключительно интересным является сопоставление структуры одних и тех же белков разных организмов. Сравнивая, скажем, последовательность аминокислот в молекулах гемоглобина человека, лошади, быка, комара, мы с изумлением убеждаемся, что различия эти совершенно незначительны. Небольшие перестановки в следовании аминокислот сопровождали эволюцию живых существ от низших к высшим. Изучая первичную структуру белковых молекул разных животных, можно безошибочно проследить пути эволюции.

Так что, занимаясь экстраполяцией сегодняшнего хода науки, нам придется допустить, что на книжных полках библиотек будет стоять не одна книга «Структуры белка», а многотомное издание.

Трудности структурного анализа не останавливают бурного темпа развития молекулярной биологии в деле выяснения связи структуры белков с механикой управления деятельностью живого существа.

Хочется обратить внимание на совершенно новые черты в организации научных работ в этой области.

Гемоглобин — важный белок: этого не надо доказывать даже и тому, кто не ведает, что эта молекула выполняет важнейшую функцию переноса кислорода. Читатель, беспокоящийся о здоровье своих близких,



знает, сколь худо, если анализ дает малый процент гемоглобина в крови.

Гемоглобин — важный белок, но вряд ли имеется в организме сколь-нибудь значительное число «неважных» белков, без которых можно было бы обойтись. Среди белков бездельников нет. Знать механизм действия каждого из них — задача, которая рано или поздно должна быть и будет решена. И ее решением будут заниматься поколения ученых, которые сейчас сидят на школьных и вузовских скамьях и которые сегодня уже в рядах армии исследователей.

До большинства белков у молекулярных биологов еще не дошли руки. А вот за гемоглобин взялись как следует. В мире существует примерно 100—200 человек, которые занимаются изучением связи структуры и свойств гемоглобина. Гемоглобин — это их профессия.

Поскольку нет преград для международных общений ученых, работающих в области структуры и свойств гемоглобина, — это вещество не взрывчато и в качестве материала для атомной бомбы не подходит, люди, занимающиеся одной проблемой, тянутся друг к другу. Им не приходится рыться в журналах для того, чтобы найти статьи друг друга. Они часто встречаются на симпозиумах и конференциях, ведут активную переписку и, таким образом, всегда в курсе последних событий.

Эта международная коллективность работы является характерной приметой сегодняшних фундаментальных (или, как говорят на Западе, «чистых») наук.

Не приходится и говорить, сколь дотошно знают эти 100—200 человек свой предмет. Не так давно мне пришлось присутствовать на докладе, посвященном гемоглобину. Докладчик помнил наизусть, какой аминокислотный остаток расположен за каким. «Обратите внимание, — говорил он, — вот на это место молекулы гемоглобина. Здесь расположен триптофан номер 93, вот здесь, где 48-й остаток сопряжен с 54-м, основная цепь молекулы изгибается...» Рассказ о молекуле гемоглобина шел в тех же тонах и был похож на рассказ географа, прожившего с десяток лет на крошечном острове, где он изучил расположение каждой кочки и толщину ствола каждого дерева.

Нет никакого сомнения, что, «навалившись» таким образом на гемоглобин, это дружное интернациональное общество откроет в течение ближайших лет все секреты его деятельности. А затем отправится на штурм других белков так, как это делает группа строителей, построившая Братскую ГЭС и отправляющаяся после этого на Усть-Илим.

Можно допустить, что, изучив в деталях связь структуры, форму завитков всех белков с их функцией в организме, наука составит рецепты подправки скверно работающих молекул.

Однако представляется более вероятным, что через несколько десятилетий научная медицина будет заниматься исправлением директора клетки — молекулы ДНК. Эта молекула занята фабрикацией белков. Так что вместо того, чтобы подправлять недоброкачественную продукцию, выпускаемую заводом, не лучше ли заменить его директора и парк машин и автоматов?..

Структура молекулы ДНК — дезоксирибонуклеиновой кислоты — была скорее угадана, чем экспериментально найдена. Авторы этого замечательного открытия Д. Уотсон и Ф. Крик широко пользовались сведениями из родственных областей — химии, генетики, кристаллографии. Разумеется, без эксперимента они не смогли бы обойтись. Но тем не менее можно без преувеличения сказать, что они придумали двойную спираль, а когда придумали, то сразу же увидели, как легко и непринужденно эта модель объясняет все известные факты. Такая изящная гипотеза не могла оказаться неверной. И не оказалась. Серия исследований, последовавших за ра-

ботой Д. Уотсона и Ф. Крика, показала безошибочность модели двойной спирали.

Молекула ДНК командует живым организмом. Она выполняет две функции. Во-первых, служит матрицей для синтеза другой тождественной молекулы ДНК — это процесс, лежащий в основе деления клетки. Во-вторых, ДНК фабрикует белки. Эту операцию она выполняет в две стадии. Молекула ДНК матрицирует молекулы РНК (рибонуклеиновой кислоты), а уж эти молекулы по кусочкам изготовляют разные белки.

Молекула ДНК ответственна за передачу наследственных признаков. Значит, молекула ДНК — это и есть ген? Нет, не так. Генами являются участки молекулы ДНК. Но об этом чуть позже.

Какому главному условию должна удовлетворять молекула, ответственная за передачу наследственности? Принципиальный ответ на этот вопрос был дан еще в 1945 году одним из первооткрывателей квантовой механики Э. Шредингером в своей маленькой книжке «Что такое жизнь?», которая оказала огромное влияние на тех, кто через десятилетие стал называть себя молекулярными биологами. Э. Шредингеру было ясно, что молекула, ответственная за передачу наследственности, должна быть апериодическим кристаллом. Сочетанием этих двух слов, звучащих примерно как «сладкая горечь», поскольку периодичность является признаком кристалла, Э. Шредингер хотел подчеркнуть, что ген должен каким-то образом (каким именно, он не имел представления) сочетать в себе упорядоченность с беспорядком.

Упорядоченность необходима по той причине, что имеется огромное множество одинаковых генов, входящих в состав разных клеток. Но строгий порядок несовместим с идеей хранилища наследственной информации. Упорядоченная система может быть описана десятком, ну сотней параметров, что свидетельствует об информативной бедности ее. Мы не можем послать сколько-нибудь содержательную телеграмму при помощи одних точек, или одних тире, или точек, регулярно чередующихся с тире.

Напротив, система, в которой точки и тире следуют друг за другом в произвольной последовательности, имеет неограниченные возможности для передачи информации.

До того как Д. Уотсон и Ф. Крик приступили к работе, уже было известно, что молекула ДНК представляет собой длинную цепь с боковыми привесками четырех типов. Эти привески, называемые нуклеотидами, суть тимин, цитозин, аденин и гуанин. Первые два привеска поменьше размером, хоть и разные, но очень похожи друг на друга. Два других, побольше, также отличаются друг от друга совсем незначительно.

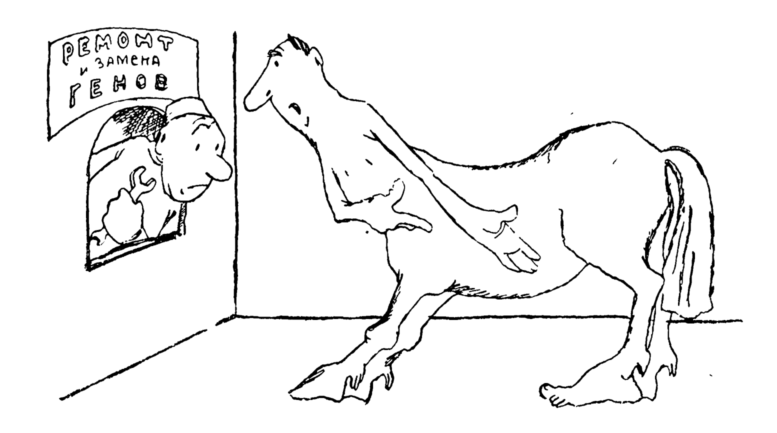
Незадолго до того, как два будущих нобелевских лауреата приступили к своему поиску, химики стали подозревать, что нуклеотиды молекул ДНК разных особей следуют друг за другом в разном порядке. Длинная молекула, в которой похожие друг на друга, но все же разные нуклеотиды расположены в произвольном порядке, вполне соответствует идее Э. Шредингера об апериодическом кристалле.

Молекула ДНК простейшей бактерии имеет огромную длину. Число привесков измеряется 6 миллионами. Нетрудно прикинуть, что с помощью 6 миллионов слов четырехбуквенного алфавита мы сможем составить книгу объемом в 3 тысячи страниц. Так что концы с концами сходятся великолепно. Трех тысяч страниц вполне хватит, чтобы обрисовать во всех тончайших деталях строение бактерии.

Задачей Д. Уотсона и Ф. Крика являлось придать идее длинной апериодической молекулы конкретные черты и предложить такую модель, которая объяснила бы две основные функции молекулы ДНК — репликацию, то есть способность производить свои копии, и производство молекул белка, строго специфичных для каждого организма.

Д. Уотсон и Ф. Крик показали, что при сближении двух молекул ДНК существует лишь единственный удобный способ сплетения в одно целое двух тождественных молекул. Оказалось, что маленькому привеску тимину удобно подойти к большому аденину, а маленькому привеску цитозину удобно подойти к гуанину.

Природа пошла по пути механика, изготовляющего замок. Замок открывается лишь тогда, когда все выступы ключа попадут в соответствующие впадины замка. Так же точно существует единственная возможность сплетения молекул в двойную спираль: маленькие привески играют роль скважин, а большие — выступов



ключей. Достаточно в одну из спариваемых молекул внести изменения, как свивание в двойную спираль станет невозможным.

Принцип «ключ-замок» непредвзято объясняет деление клеток. Двойная спираль расплетается, и каждая из половинок «собирает из имеющегося сырья» вторую молекулу, тождественную родительской.

Это объяснение представляется настолько естественным, что справедливость его была единодушно признана до получения прямых доказательств, которые, впрочем, не заставили себя долго ждать.

Механизм производства белковых молекул выглядел значительно сложнее. «Единицей» передачи наследственности оказалась последовательность примерно тысячи нуклеотидов. Она получила название цистрона Каждый цистрон ответствен за производство полипептида — цепочки аминокислот, связанных пептидными связями. На смену формуле «один ген — один фермент» пришло правило «один цистрон — один полипептид».

Ген оказался не молекулой, а частью молекулы.

Командиром производства является молекула ДНК В любом крупном промышленном предприятии директор осуществляет руководство производством не непосредственно, а через своих помощников, скажем главного металлурга, главного конструктора и т. д. Как правило, директор сам назначает своих помощников. Так же поступает и молекула ДНК, с тем, однако, различием, что она не только выбирает, но и изготовляет своих сотруд-

ников. Ближайшими исполнителями воли начальства являются молекулы рибонуклеиновых кислот, играющие роли посланцев (м-РНК). Молекула м-РНК (буква «м» — обозначение слова messenger, что значит «посланец») является точной копией участка молекулы ДНК длиной в один цистрон.

Таким образом, производство белков поручается молекулам м-РНК. И правильно. Ибо в противном случае около молекулы ДНК происходила бы нежелательная толчея, приходилось бы распутываться в потоке «сырья», нужного для изготовления разных полипептидов, производство шло бы медленнее и всякого рода ошибки были бы весьма вероятными.

Молекула ДНК производит большое число молекул м-РНК. В принципе столько, сколько она содержит генов-цистронов. Молекулы м-РНК отправляются фабриковать белковые молекулы в цехи, которые называются рибосомами.

Но к этим цехам надо доставить сырье! Это выполняют молекулы-транспортеры — рибонуклеиновые кислоты, но другого сорта. Их обозначают т-РНК. Транспортеров столько, сколько аминокислот. Каждый транспортер тащит свою аминокислоту. Так происходит функционирование организма.

Справедливость этой модели доказана прямыми опытами. Разумеется, нет возможности дать представление обо всем комплексе доказательств, лежащем в основе гипотезы. Мы рассказали о механизме работы живой клетки лишь в самых общих словах. В последние годы даже тонкие детали этого процесса изучены биологами. Секреты производства живой материи стали достоянием науки.

* * *

Любое познание вызывает вопросы: зачем, для чего, увеличит ли это счастье на Земле?

Ответы на них достаточно очевидны. Во-первых, зная кухню изготовления живого, можно вмешаться в ее работу и подправлять повара, если он плохо справляется с задачей. Во-вторых, голова кружится лишь от одной мысли о возможности создавать искусственные существа по заданному плану. Обе задачи еще очень далеки от осуществления и сегодня могут быть назва-

ны фантастическими. Однако только что сказанное показывает, что если речь и идет о фантастическом плане действия, то все же оба пункта программы являются реалистическими и не противоречат законам природы. И далее, достаточно ясно, чему надо учиться! Одной из важнейших проблем науки должна быть названа задача синтеза белков и нуклеиновых кислот.

Трудно еще сейчас сказать, в какой форме это умение будет использовано для решения обоих пунктов программы вмешательства в производство живой материи. Есть основания предполагать, что зачастую можно будет «обманывать» клетку, подсовывая ей искусственную нуклеиновую кислоту и меняя таким образом процесс изготовления того или иного белка.

При изучении тонких эффектов работы клетки исключительно важным для биологии является моделирование отдельных стадий процессов, протекающих в живом организме. Для этой цели также нужно научиться изготовлять по заданному плану молекулы белков, молекулы РНК и другие биологические макромолекулы.

Наиболее отдаленной мечтой является, видимо, изготовление самого командира производства — молекулы ДНК. Если эта задача станет реальной, то весь процесс создания живого удастся осуществлять в колбе.

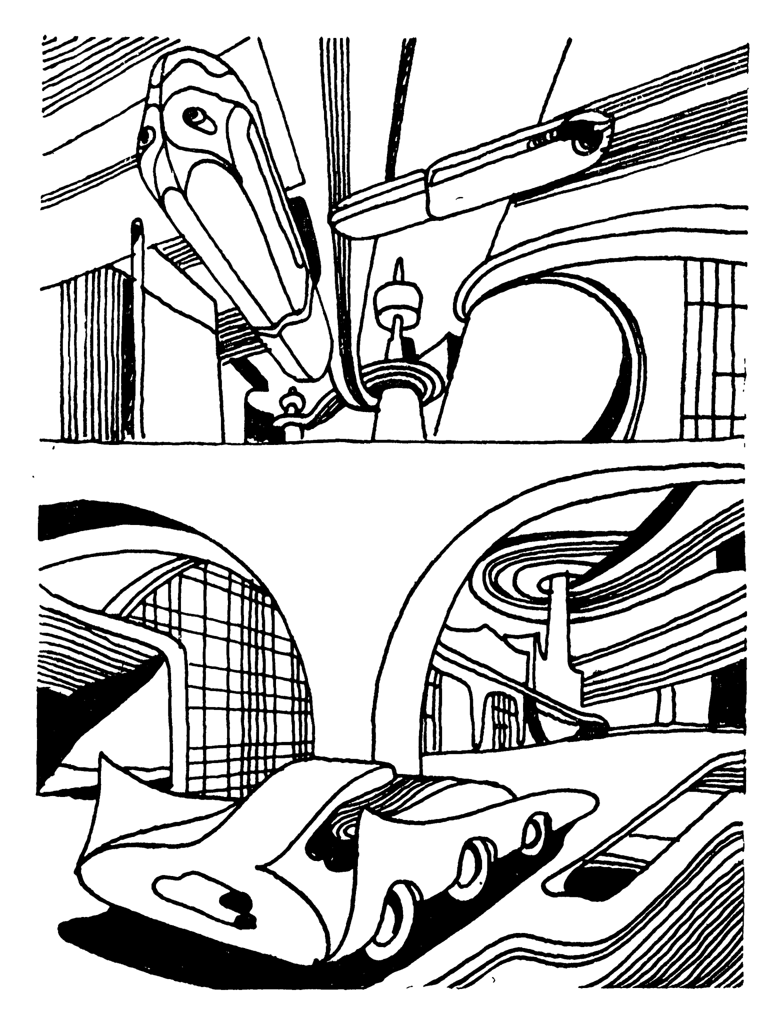
Однако автор этих строк не заносится в своих мыслях столь далеко. Ему хотелось бы, чтобы его ближайшие потомки стали очевидцами превращения медицины в точную науку. А это возможно лишь в том случае, если биохимики и физики научатся определять структуру белков и нуклеиновых кислот каждого индивидуума, сумеют понять молекулярный механизм любой болезни и овладеют техникой вмешательства в жизнедеятельность организма, которая заключается в замене «больных» молекул на «здоровые».

Все перечисленные задачи требуют грандиозных усилий. Но они по плечу современной науке. Автор полагает, что любое химическое исследование оправдано, если оно вносит какой-либо вклад в решение проблем биологии. Мне кажется, что все другие задачи по производству новых молекул и новых веществ являются второстепенными по сравнению с теми зада-

чами, которые ставит перед синтетиками молекулярная биология.

В конце концов, наука, как я уже говорил, выполнила почти все, что от нее требуется для того, чтобы обеспечить человеку комфортабельную жизнь. Но достижение мечты человечества — построение коммунизма — не сводится к успехам техники. Новое общество должно быть содружеством счастливых, здоровых людей. Уничтожение болезней и воспитание гармоничного человека — задачи не менее важные, чем создание новых средств связи, транспорта и жилья. Эти проблемы еще не решены, и здесь наука в долгу у человечества.

Вот по этой причине я и полагаю, что главный прогноз статьи, посвященной будущему науки о веществе, звучит так: будут прежде всего развиваться все области физической химии, которые в той или иной степени содействуют нашему пониманию природы жизнедеятельности и преследуют цель овладения способами вмешательства в святая святых — в производство живой материи.



Доктор технических наук
В. С. Молярчук
рассказывает о транспорте будущего

Транспорт, являясь отраслью материального производства, в своем развитии подчиняется общим законам экономического и социального развития, в соответствии с которыми функционирует все народное хозяйство. Причем особенностью деятельности транспорта является то, что процесс перевозки состоит практически в превращении тепловой или электрической энергии в энергию механическую, непосредственно используемую для перемещения грузов и пассажиров, то есть совершения транспортной работы.

Это и определяет наличие тесной функциональной зависимости между производительностью труда и энерговооруженностью работников, занятых на транспорте.

Под энерговооруженностью работников транспорта в данном случае понимается количество «лошадиных сил» (л. с.) номинальной мощности парка тяговых средств и установок, приходящихся на одного работающего, то есть частное от деления суммарной мощности тяговых и технических средств на среднегодовое число людей, занятых в эксплуатации.

Теоретическая формула, связывающая величины производительности труда и его энерговооруженности для транспортных средств наземного и водного транспорта, выражается общим уравнением:

$$\text{П} = \text{A} \cdot \text{N}_\text{у} \frac{\text{тонно-километров (ТКМ)}}{\text{человеко-год}}.$$

Коэффициент А включает такие показатели, характеризующие транспортный процесс, как грузоподъемность подвижного состава, скорость движения, коэффициент рабочего времени технических средств, коэффициент ходового времени, коэффициенты использования грузоподъемности и номинальной мощности технических средств.

Однако анализ этого уравнения с использованием фактических показателей за двадцатилетний период работы всех названных видов транспорта показал, что благодаря комплексному влиянию всех этих факторов величина коэффициента А остается практически постоянной, равной для железнодорожного транспорта 69 500, речного — 97 750 и автомобильного — 3000.

Поэтому можно считать, что на протяжении всего предшествующего двадцатилетия производительность труда этих видов транспорта была прямо пропорциональна только изменению их энерговооруженности.

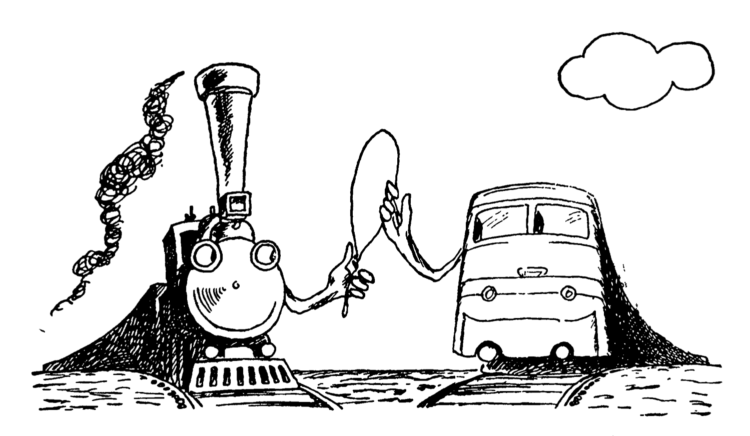
* * *

Анализ динамики удельной энерговооруженности труда на магистральных видах транспорта, в частности на железнодорожном, показал, что основной причиной ее непрерывного роста является увеличение мощности тяговых средств (в данном случае — локомотивов), используемых для совершения транспортной работы при сравнительно небольшом изменении общего контингента работающих. Именно рост средней мощности локомотива с 2000 до 3500 л. с. обусловил увеличение средней энерговооруженности труда с 11,5 до 20,4 л. с. на человека и соответствующее увеличение производительности труда с 800 до 1400 тысяч тонно-километров (ткм) в год на одного работающего в эксплуатации транспорта. Производительность труда на транспорте росла благодаря тому, что с возрастанием мощности тяговых средств появилась возможность увеличивать вес поездов на железных дорогах, грузоподъемность автомобилей, судов морского и речного флота, а также увеличивать число пассажирских мест на самолетах с одновременным ростом скоростей их движения.

Главнейшим требованием, предъявляемым к транспортным силовым установкам, является требование удовлетворять жестким весовым и габаритным ограничениям, вытекающим из условия их размещения на подвижном составе. Транспортные установки должны быть экономичны по расходу топлива, так как увеличение запаса горючего, расходуемого на собственные нужды, снижает их полезную грузоподъемность и сокращает радиус действия судов, самолетов, автомобилей и локомотивов.

Во второй половине нашего века паровые поршневые машины, устанавливаемые на всех видах наземного транспорта, достигли предела возможных габаритных и весовых норм и стали сдерживать дальнейший рост мощности тяговых средств и объема транспортной работы в целом. Поэтому 50-е и 60-е годы нашего столетия ознаменовались интенсивным процессом энергетического перевооружения транспорта.

Так называемая техническая реконструкция транспортных средств как в нашей стране, так и за рубежом заключалась в замене паровых поршневых машин двигателями внутреннего сгорания (ДВС) с электри-



ческим и гидромеханическим приводами. Благодаря этому вместо 70—90 килограммов веса конструкций, которые приходились на каждую л. с. паровоза, стало достаточно 45—60 килограммов на тепловозах и 23—37 килограммов на электровозах. Или при тех же нагрузках на ось локомотива, которые жестко лимитируются в условиях железных дорог, представилась возможность повысить мощность тепловозов в 2,2 раза и электровозов в 2,7 раза по сравнению с мощностью наиболее совершенного паровоза. Кроме того, переход на двигатели внутреннего сгорания позволил в 4—5 раз снизить расход топлива на совершение одной и той же работы, увеличив при этом в 5—10 раз радиус действия электровозов и тепловозов.

Жизненная необходимость повышения мощности силовых установок транспорта определила весьма быстрые темпы их реконструкции. Так, только с 1960 по 1970 год процент локомотивов с новыми прогрессивными энергоустановками на железнодорожном транспорте СССР возрос с 26,2 до 92, двигателей внутреннего сгорания на морском флоте с 66,9 до 85 и речном транспорте с 70 до 94.

Еще больший эффект был достигнут при замене поршневых двигателей на самолетах турбореактивными. Значительно снизился удельный вес силовых установок, приходящийся на 1 л.с. Если в поршневых авиационных двигателях на 1 л. с. приходилось 0,55 килограмма, то в турбовинтовых — около 0,06 килограмма. Это позволило создавать двигатели огромной мощности, а самолеты — большой грузоподъемности и вы-

соких скоростей полета, недостижимых на поршневых самолетах как из-за большого веса двигателей, так и свойств пропеллера, тяговые качества которого резко ухудшаются при достижении скоростей полета в 700—750 километров в час.

Замена поршневых двигателей турбореактивными позволила в весьма короткие сроки повысить грузоподъемность отечественных самолетов в 3—4 раза и скорость в 2—2,5 раза.

Таким образом, проведенная в последние годы техническая реконструкция средств тяги и силовых транспортных установок сняла ограничения, наступившие в дальнейшем прогрессе паровых двигателей, и создала все условия для беспрепятственного развития традиционных видов транспорта. Это значит, что в ближайшие десятилетия, вплоть до рубежа XX и XXI веков, транспортировка грузов будет осуществляться на традиционных видах транспорта и в первую очередь на железнодорожном транспорте.

В связи с укреплением международных связей и расширением международной торговли существенное развитие получит морской транспортный флот. Не потеряет своего значения речной транспорт. Получит дальнейшее развитие автомобильный и трубопроводный. Все большая роль в перевозках пассажиров будет принадлежать гражданской авиации и автомобилям общественного и личного пользования.

Стимулировать развитие каждого вида транспорта и определять его возможности будет в первую очередь прогресс энергетических установок, ибо они оказывают решающее влияние на его рабочие характеристики, экономику, безопасность и мобильность.

Усовершенствование двигателей влечет за собой не только повышение основных эксплуатационных показателей транспортных систем, но и может даже расширить и изменить сферы их рационального использования как с точки зрения народного хозяйства, так и обороны страны.

Использование электрической и дизельной тяги на железных дорогах позволило за истекшие двадцать лет повысить вес поезда в 1,8 раза и скорость движения на 60 процентов, то есть резко улучшить основные показатели транспортного процесса. Благодаря этому объем перевозок возрос за двадцатилетие более чем в

4 раза. Существенно облегчился труд персонала, так как были ликвидированы тяжелые и трудоемкие операции по обслуживанию локомотивов.

Автоматизированные системы управления тепловозами и электровозами позволяют использовать их по системе многих единиц, а дистанционное управление может обеспечить такое размещение локомотивов в составе поезда, при котором будет достигнуто равномерное распределение тяговых усилий и действия тормозных систем. Эти новые свойства электрической и тепловозной тяги дают возможность практически неограниченно повышать вес поездов и в то же время предъявлять меньшие требования к увеличению агрегатной мощности локомотивов, величина которой может быть доведена до 4—6 тысяч л.с. в секции для тепловозов и до 10—14 тысяч л.с. для электровозов.

Наряду с повышением мощности локомотивов будет повышаться их экономичность за счет применения новых систем управления с использованием полупроводниковых схем, улучшения рекуперации (возвращение) электрической энергии в контактную сеть, применения более совершенной изоляции и других специальных материалов.

Не исключена возможность использования на железнодорожных локомотивах газовых турбин большой мощности, работающих на тяжелых сортах жидкого топлива. Газотурбинные двигатели для скоростного мотор-вагонного подвижного состава на неэлектрифицированных линиях уже применяются на некоторых зарубежных линиях.

Особенность профиля пути железных дорог заключается в том, что трудные участки, на которых используется полная мощность локомотивов, составляют всего 20 процентов от общей длины сети. Эта особенность предполагает целесообразность появления комбинированных локомотивов, имеющих дизель как постоянную установку и газовую турбину в качестве форсажного средства для разгона поезда и преодоления трудных участков пути. Образцы подобных локомотивов уже созданы в ФРГ.

И все же, несмотря на использование всех этих новых тяговых средств, можно уверенно считать, что электровозы и тепловозы, начавшие строиться в 20-х и 30-х годах нашего столетия по личному указанию

В. И. Ленина и получившие массовое распространение к 70-м годам, еще десятилетия будут служить основной движущей силой на наших железных дорогах.

* * *

В настоящее время дизельные двигатели являются главной силовой установкой на судах. Судовой дизель достаточно надежен в эксплуатации, реверсивен, то есть позволяет изменять направление вращения вала и осуществлять маневры судна без дополнительных сложных механизмов, достаточно экономичен, так как использует топливо с к.п.д. 40 процентов. Делая 90—125 оборотов в минуту, он передает энергию непосредственно на гребные винты без сложных и дорогостоящих редукторов.

Однако такой дизель имеет и существенные недостатки. Во-первых, он относительно тяжел. При удельном весе 35—40 килограммов на 1 л.с. вес современных двигателей мощностью 20 тысяч л.с. достигает 700—800 тонн. Во-вторых, он довольно громоздок: длина такого дизеля 25 и высота около 12 метров. Для размещения такой машины нужно большое помещение. В-третьих, наличие шатунно-кривошипного механизма и массивных поршней и шатунов, работающих с большими инерционными нагрузками, требует повышенной прочности корпуса и всех конструкций машинного отделения.

Все это дает основание считать, что дальнейшее увеличение мощности судовых дизелей даже при переходе к среднеоборотным конструкциям хоть и будет возрастать, но ограничится 50—60 тысячами л.с.

В последнее время на судах получили применение и другие типы установок и в первую очередь паровые и газовые турбины (ГТУ). Газотурбинный двигатель судового типа, созданный на базе конвертированной авиационной газовой турбины, почти в 15 раз легче равного ему по мощности дизеля. И, несмотря на то, что топливная экономичность газовых турбин ниже, чем ДВС, — их термический к.п.д. не превышает 20—23 процентов против 40—45 у ДВС, — ряд преимуществ ГТУ делает их достаточно конкурентоспособными, так как они более дешевы в эксплуатации и допускают большую степень автоматизации, чем дизели.



Газовая турбина проста в ремонте и техническом обслуживании, более надежна в работе, поскольку не имеет сложных механических систем регулирования и управления, быстро запускается.

У конвертированных авиационных газовых турбин малый по сравнению с другими силовыми установками моторесурс. Но, пожалуй, это единственные двигатели, пригодные для мощных скоростных судов, использующих новые принципы движения. В настоящее время они применяются на кораблях Военно-Морского Флота в качестве двигателей форсирования.

Надводные суда Военно-Морского Флота по роду своей службы должны подолгу находиться в море. Большую часть времени они курсируют с умеренными скоростями и затратами мощности. Но должны иметь возможность совершать кратковременные переходы и маневры на высоких скоростях. В первом случае к.п.д. силовой установки имеет большое значение; во втором ее экономичность уже не играет такой роли. Вот почему на судах подобного типа стали сочетать более экономические силовые установки (дизели, паровые турбины) длительного режима с мощными газовыми турбинами, включаемыми на короткое время.

Диктовалось такое сочетание еще характером и природой сопротивления, оказываемого движению морских судов. Если сопротивление движению наземного транспорта растет пропорционально квадрату скорости, то сопротивление движению судов из-за создаваемого ими дополнительного волнового сопротивления растет

пропорционально кубу скорости. С увеличением скорости хода резко возрастает расход мощности силовой установки. Так, эсминец для движения со скоростью 25 узлов затрачивает мощность 15 тысяч л.с., со скоростью 31 узел — 30 тысяч л.с., а при увеличении до 35 узлов — 45 тысяч л.с. Учитывая это, англичане на строящемся эсминце предусматривают 15-тысячесильную паротурбинную установку и газовую турбину авиационного типа мощностью 30 тысяч л.с., использующуюся только в режиме форсированной работы.

В США на судах морской пограничной охраны военно-морского флота устанавливаются дизельные двигатели мощностью 600 л. с. совместно с газотурбинными двигателями мощностью 14 тысяч л.с.

Не исключена возможность такого сочетания и на транспортных судах, работающих как в водоизмещающем, так и высокоскоростном глиссирующем режимах или с использованием выдвижных подводных крыльев при перевозках особо ценных грузов.

На обычных водоизмещающих судах в ряде случаев ставятся экспериментальные турбины более тяжелого типа с повышенными экономичностью и моторесурсом. В 60-х годах в США было построено военно-транспортное судно «Каллаген», снабженное двумя газовыми турбинами мощностью по 20 тысяч л.с. и развивающее скорость хода до 25 узлов (46 километров в час). В нашей стране уже несколько лет работает аналогичное газотурбинное судно «Парижская коммуна». Строят суда с такими же газотурбинными двигателями и другие государства: сейчас заложено семь подобных кораблей.

Газотурбинные суда постройки 70-х годов будут существенно отличаться от уже работающих; они будут снабжены силовыми установками большей экономичности и большей надежности. Как свидетельствуют расчеты, проведенные в ЦНИИМФе, применение теплоутилизационных контуров позволит довести эффективный к.п.д. судовых газотурбинных установок до 30—32 процентов и выше.

Учитывая тот факт, что газовые турбины намного компактнее и легче дизельных установок, и то, что агрегатную мощность газовых турбин можно доводить до 100 тысяч л. с., в будущем на скоростных и специализированных судах морского и речного флота газовые

турбины будут играть существенную роль в качестве силовых установок.

Разработка атомной силовой установки (АЭУ) явилась, пожалуй, наиболее значительным инженерным достижением Военно-Морского Флота. Этот успех во многом изменил роль и значение отдельных его родов и, в частности, роль и значение атомного подводного флота. Современные атомные подводные лодки способны многие месяцы находиться в действии; они обладают высокой скоростью хода, трудноПоражаемы и способны производить стрельбу ядерными снарядами из погруженного положения.

Все эти качества и возможности, которые не могут быть обеспечены никакими другими средствами, оправдывают большие строительные затраты и высокие эксплуатационные расходы, связанные с использованием атомной энергии.

Применение атомных двигателей на судах транспортного флота, как показывает опыт ледокола «Ленин» (1959 г.) и транспортного грузопассажирского судна «Саванна» (1962 г., США), а также расчеты, связанные с постройкой атомных рудовозов «Отто Хан» (ФРГ) и «Мицу» (Япония), пока носят не столько коммерческий характер, сколько характер крупного эксперимента.

Так, затраты, связанные с установкой и использованием атомного двигателя на судне «Саванна», составили около 60 процентов общей стоимости судна, тогда как на обычном судне подобного типа стоимость котельной установки не превышает 4—5 процентов стоимости всего судна. Стоимость реакторной установки на судне «Отто Хан» составляет 27,5 миллиона марок, в то время как стоимость обычной котельной установки равной мощности составила бы около 1,9 миллиона марок.

Вес реакторной установки на судне «Саванна» достигает 2500 тонн, что в 8—10 раз больше веса паровых котлов равной мощности. Вес механизмов машинного отделения атомохода на 10—30 процентов выше веса механизмов обычных судов.

Однако, оценивая результаты строительства и эксплуатации первых судов с атомными силовыми установками, надо иметь в виду их экспериментальный характер. Необходимо ясно видеть те резервы повышения экономичности, которые заключаются в совершен-

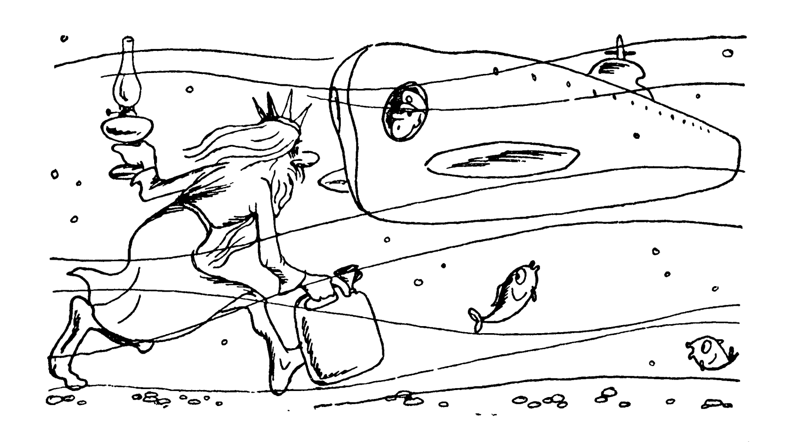
ствовании конструкции реакторов и силовых установок в целом, параметров их рабочих процессов, в стоимости постройки и освоения новой техники, связанной с использованием атомной энергии, и т. д.

Высокую стоимость самого атомного судна и большие расходы на содержание его экипажа может и должен компенсировать выигрыш в суммарном весе и объеме энергетической установки и запасов горючего, а также выигрыш на эксплуатации и повышении производительности атомных судов, обусловленной более высокой скоростью хода.

Следует отметить, что, несмотря, на казалось бы, довольно негативные практические результаты использования атомных силовых установок на судах транспортного флота, во многих странах продолжаются интенсивные научно-исследовательские и конструкторские работы по улучшению характеристик судовых атомных установок и соответственно судов.

В 1958—1963 годах в Японии проводились проектно-поисковые разработки и выполнены проекты атомного танкера дедвейтом (дедвейт — суммарный вес всех переменных грузов в тоннах) 45 тысяч тонн, пассажирского и исследовательского океанографического судов. Были спроектированы шведско-норвежский рудовоз дедвейтом 67 тысяч тонн и танкер с атомной силовой установкой в Нидерландах. Проводились такие же работы в Дании. В 1958—1959 годах были спроектированы подводные атомные танкеры дедвейтом 41 500 и 21 200 тонн в США. В 1963 году там же по контракту с Канадой была исследована экономическая целесообразность создания атомных подводных танкеров для транспортировки нефти в арктических районах Канады, причем расчеты показали, что подводный танкер с АЭУ будет лишь на 30 процентов дороже надводных танкеров с обычной энергетической установкой.

Дальнейшие разработки в области атомных силовых установок идут по пути совершенствования их конструкций, в первую очередь за счет совмещения в едином блоке агрегатов активной зоны, парогенерирующих и паросепарирующих устройств, циркуляционных насосов, а также части вспомогательного оборудования парового контура. Это должно снизить стоимость и существенно повысить надежность их работы.



В этих же целях принимались меры к снижению давления воды в паровом контуре. В некоторых проектах оно достигалось путем использования вместо воды других теплоносителей, как-то: перегретого пара, воздуха и т. д.

В результате научных исследований были существенно улучшены весовые характеристики реакторов и параметры рабочего процесса установок. Если вес атомных двигателей вместе с биологической защитой, установленных на атомном ледоколе «Ленин» и грузопассажирском судне «Саванна», отнести к их мощностям, то на 1 л.с. соответственно приходилось 80 и 125 килограммов, на рудовозе «Отто Хан» — свыше 90, на проектируемых же он снижен до 29 и 13,9 килограмма. Давление теплоносителя в первом контуре предусматривалось снизить со 123—180 атмосфер до 45,7, а давление во втором контуре увеличить с 28—35 до 46—62 атмосфер и температуру с 240—310 до 460—510 градусов, что позволяет использовать высокоэффективные современные паровые турбины.

Многочисленные технико-экономические расчеты, проведенные в разных странах, учитывающие новые, более прогрессивные параметры атомных силовых установок, показывают, что принципиально уже на данном этапе их развития возможно создание атомных судов, которые смогут успешно конкурировать по экономическим показателям с обычными судами.

Например, расчеты, проведенные в США, показы-

вают, что атомные суда грузоподъемностью 7100 тонн, оборудованные атомными реакторами 63OA и CNSG, могут развивать скорость в 30 узлов против 21 узла, развиваемую судами с обычной силовой установкой, занимающей такое же пространство (с учетом запасов топлива). Такой выигрыш в скорости делает эти суда практически столь же экономичными, как и обычные, при эксплуатации их в Северной Атлантике, а на более протяженных тихоокеанских линиях атомные суда могут дать и больший экономический эффект.

Расчеты, произведенные английскими фирмами, показывают, что использование атомных силовых установок может быть достаточно эффективным на пассажирских лайнерах, крупнотоннажных танкерах и рефрижераторных судах.

Можно с достаточной уверенностью считать, что использование как в ближайшие годы, так и в отдаленном будущем атомных силовых установок мощностью 30—100 и более тысяч л. с. для крупнотоннажных и скоростных судов получит широкое распространение.

Все возрастающая мощность энергетических установок вызывает совершенствование тяговых устройств и движителей, которое идет, во-первых, по пути дальнейшего улучшения конструкций гребного винта и, во-вторых, — создания принципиально новых движителей.

В 60-е годы конструкторы гребных винтов все чаще обращаются к принципу регулируемого шага. Применение таких винтов позволит путем подбора оптимального шага обеспечить максимальный к.п.д. движителя. Кроме того, винты с регулируемым шагом обеспечивают реверсирование тяги на движителе при использовании газовых турбин.

Находят все более широкое применение суперкавитирующие гребные винты.

Хорошая перспектива применения и у водометных движителей в связи с расширением сферы применения судов на подводных крыльях и воздушной подушке. Идея водометного движителя состоит в следующем.

Забортная вода засасывается мощными насосами и выбрасывается за кормой судна над поверхностью воды, обеспечивая реактивную тягу. Количество воды, перебрасываемой насосами, меньше, чем захватываемое гребным винтом, но выходная скорость струи выше.

К.п.д. водометных движителей при скоростях движения свыше 50 узлов может достигать 50—55 процентов.

Суда водометного типа более легкие, простые, безопасные для плавания по мелководью и удобные в обслуживании.

При скоростях движения свыше 100 узлов все водные тяговые устройства оказываются малоэффективными, поэтому для высокоскоростного движения водного транспорта, очевидно, самыми перспективными могут стать воздушные винты большого диаметра, к.п.д. которых может достигать порядка 80—85 процентов. Применение реактивных движителей в этом случае менее экономично.

Габариты и веса судов морского транспорта ограничиваются значительно меньше, чем габариты и веса других видов транспорта. Поэтому флот допускает более широкое применение новых силовых установок, таких, как атомные, и, возможно, мощных МГД-генераторов, обеспечивающих высокую эффективность использования горючего.

* * *

Однако технический прогресс в области двигателей, диктуемый объективными условиями экономического и социального развития страны, будет затрагивать и другие виды транспорта. Остановимся на развитии автомобильного транспорта и, в частности, его энергетической базы.

Автомобильный транспорт в силу особых свойств, обусловливающих возможности широкого использования в народном хозяйстве, развивается исключительно высокими темпами. Если первый автомобиль появился в 1885 году и к 1 января 1900 года общее количество автомобилей в мире составляло 6200 единиц, то на 1 января 1972 года число их перевалило за четверть миллиарда, а по прогнозам ряда специалистов на конец нашего столетия мировой парк достигнет 500—750 миллионов автомобилей.

Отечественное автомобилестроение фактически возникло в годы первых пятилеток, и если на 1 января 1931 года мировой автомобильный парк уже составлял 35,8 миллиона единиц, то в СССР их было только

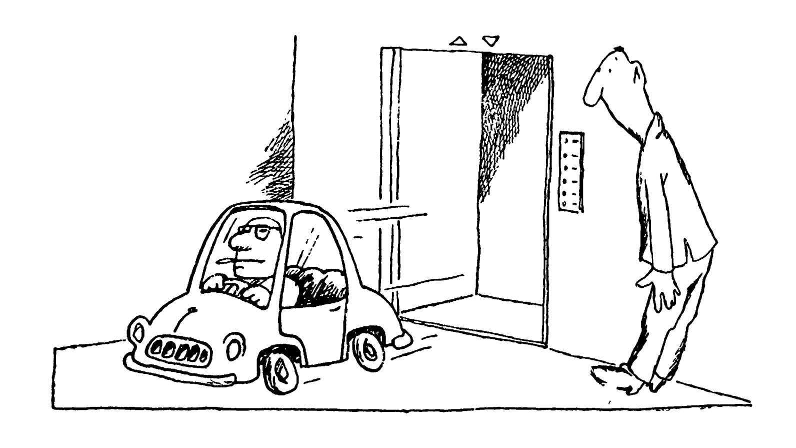
28,5 тысячи. Однако массовое поточное производство автомобилей на Горьковском, Московском и других автозаводах позволило успешно оснащать народное хозяйство автомобилями и за период с 1935 по 1970 год увеличить грузооборот автомобильного транспорта с 3,5 до 220,8 миллиарда тонно-километров.

И тем не менее автомобиль еще не принял на себя того объема работы, какой он выполняет в экономически развитых зарубежных странах. Доля грузооборота автомобильного транспорта в нашей стране в настоящее время составляет 6—7 процентов, что почти в четыре раза ниже уровня, достигнутого в ряде капиталистических стран. А роль, принадлежащая автомобильному транспорту в обслуживании народного хозяйства, исключительно важна. Без него не может нормально развиваться регулярная кооперация предприятий на базе специализации, являющаяся самым перспективным направлением развития промышленного производства, не может быть развернута организация современного поточного крупноблочного строительства жилых и промышленных зданий, невозможна индустриальная организация крупного сельскохозяйственного производства, немыслимы современные способы открытой разработки полезных ископаемых. Наконец, автомобильный транспорт в большинстве случаев начинает и завершает транспортный процесс, являясь транспортом-посредником между клиентурой и магистральными видами транспорта.

Все это определяет и будет определять возрастание доли участия автомобильного транспорта в транспортной системе страны.

За истекшее время автомобильные двигатели стали совершенными по форме, отличными по конструкции и по уровню мощности соответствуют потребностям народного хозяйства.

Основным типом автомобильного двигателя в нашей стране и во всем мире является карбюраторный двигатель с внешним смесеобразованием и принудительным воспламенением. Примерно на 10 процентах большегрузных автомобилей стоят дизели с воспламенением от сжатия. На автомобилях очень большой грузоподъемности и автосамосвалах уже начинают ставиться газовые турбины. Можно считать, что на автомобильном транспорте будущего газовая турбина мощностью до



1000—1200 л.с. найдет себе достойное место, так как сфера применения автомобилей этих категорий будет расширяться. Однако двигатели внутреннего сгорания будут иметь массовое распространение.

У карбюраторных двигателей есть много достоинств по сравнению с дизельными, они дешевле, у них меньший вес при той же мощности и меньшая стоимость ремонта. В то же время у дизеля более совершенный и экономичный рабочий процесс и меньшая токсичность выхлопных газов. Средний к.п.д. карбюраторных автомобилей отечественного парка составляет 24,3 процента, а автомобилей, оборудованных дизелями, — 33,6 процента, последние экономичнее с точки зрения расхода горючего на 28 процентов, а с учетом более благоприятных режимных характеристик экономия может достигнуть 30 и более процентов. При массовом же распространении автомобилей сокращение расхода горючего на 30 процентов представляет весьма серьезный фактор, определяющий уровень использования наиболее дефицитных видов топлив.

Как известно, массовое распространение автомобилей влечет за собой серьезные социальные последствия, выражающиеся в значительном загрязнении воздушного бассейна городов. По разным оценкам один автомобиль с карбюраторным двигателем выбрасывает в атмосферу в течение года от 800 до 900 килограммов вредных продуктов. По данным специального доклада конгрессу США, количество выброшенных в атмосферу

вредных продуктов с выхлопными газами автомобилей составило в течение 1966 года более 80 миллионов тонн, в том числе 60 миллионов тонн окиси углерода, около 7 миллионов тонн углеводородов и 5 миллионов тонн окислов азота. В загрязненном воздухе образуются активные кислоты, которые воздействуют на металлические конструкции и сооружения. Убытки от этого воздействия оценивались в 11 миллиардов долларов. А вредное влияние отравленного воздушного бассейна городов на здоровье их жителей подсчитать невозможно. Смог в таких городах, как Лос-Анджелес, Токио, Нью-Йорк и других, превратился в подлинное бедствие для населения этих городов. Кроме того, шум, производимый армадой снующих по улицам автомобилей, также вредно отражается на здоровье людей.

Таким образом, массовое использование автомобилей не только удовлетворяет нужды современного общества в перевозках грузов и пассажиров, но и ставит серьезные социальные проблемы и проблемы использования все сокращающихся энергетических ресурсов.

Одним из возможных решений этих проблем является оснащение большей части строящихся грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, а также автобусов двигателями Дизеля. Следует отметить, что по этому направлению пошли, и достаточно успешно, многие страны: в ФРГ сейчас на дизелях работают 52 процента грузовых автомобилей, 90 процентов автобусов, 100 процентов автотягачей; в Англии — 38 процентов грузовых автомобилей и 90 процентов автобусов; во Франции — 24 процента грузовых автомобилей и 71 процент автобусов и т. д.

Расчеты показывают, что если бы нам парк дизельных автомобилей довести до уровня парка ФРГ, то даже при существующем объеме перевозок был бы снижен расход горючего на 7,5—8 миллионов тонн и существенно повысилась бы чистота воздушного бассейна наших городов.

Делаются попытки повысить экономичность и улучшить рабочий процесс карбюраторных двигателей также применением внешнего впрыска топлива; однако экономический эффект при этом примерно в 3 раза ниже, чем при использовании дизелей.

Снизить шум, создаваемый автомобилями, а также уменьшить их вес и габариты, вероятно, удастся применением двигателя роторно-поршневой конструкции Ванкеля. Такие автомобили уже выпускаются в Японии, а также налаживается их производство в ФРГ и США.

Однако сейчас роторно-поршневые двигатели еще менее экономичны и с несколько худшим рабочим процессом, что приводит к увеличению токсичности выхлопных газов.

Лучшим решением санитарно-гигиенических и экономических проблем, вызванных широким размахом автомобилестроения, решением, которому принадлежит будущее, является переход к электромобилю, работающему на химических источниках тока.

Электромобиль имеет примерно такой же возраст, как и автомобиль; однако сложность его создания привела к тому, что при наличии 250 миллионов автомобилей во всех странах мира сегодня насчитывается только 40—45 тысяч электромобилей. Около 29 тысяч из них приходится на долю Англии, около 3 тысяч — на ФРГ, остальные — в США (около 200), в Италии (около 200), во Франции, в Японии и в других странах.

Современные электромобили почти все являются грузовыми, грузоподъемностью 800—1000 килограммов. Используются они на подвозке товаров, продуктов и т. п. По данным за 1969 год, в мире насчитывалось также около 100 легковых электромобилей и несколько экспериментальных электробусов.

Основной причиной, сдерживающей развитие электромобилей, является отсутствие источников тока — аккумуляторов, удовлетворяющих современным требованиям транспортных средств. Электромобиль сейчас дороже обычного автомобиля. У него ограниченные скорость и пробег между зарядками аккумуляторов. Стоимость его электрооборудования достигает половины общей стоимости, причем 90 процентов этой половины падает на аккумуляторные батареи.

В настоящее время в качестве источников тока используются лишь свинцовые, железо-никелевые и кадмиево-никелевые аккумуляторы емкостью 200—500 ампер-часов, удельной мощностью 33—36 ватт на килограмм (вт/кг) (до 100 вт/кг в кратковременном режиме) и сроком службы 1600—1800 циклов.

Как показали расчеты, полноценная конструкция электромобиля должна была бы иметь следующие показатели.

Тип электромобиля	Запас хода, км	Скорость движения, км/ч	Требуемая удельная мощность, вт/кг	Удельная энергия, отдаваемая источникам тока, вт-ч/кг
Легковой электромобиль малого класса	80	65	145	55
Легковой электромобиль среднего класса	160	95	228	122
Легковой электромобиль большого класса	320	110	244	270
Грузовой электромобиль	160	65	88	73
Электробус	200	50	78	93

Как видно из таблицы, существующие аккумуляторные батареи не могут удовлетворять современным требованиям, предъявляемым к транспортным средствам. Они годны лишь для электромобилей небольшой грузоподъемности, с запасом хода в 30—40 километров и скоростью движения 25—26 километров в час.

Массовое применение таких электромобилей, помимо ряда неудобств, связанных с их эксплуатацией, резко ухудшило бы движение на городских улицах, которое и так находится сейчас во многих городах на пределе. Этим и объясняется их весьма небольшое распространение, хотя даже при существующих аккумуляторах они могли бы претендовать на большее внимание. Имеющиеся в иностранной литературе данные свидетельствуют, что там, где они используются, они могут обеспечить не только равную, но даже меньшую, чем у автомобиля, себестоимость перевозок.

Обострение проблемы загрязнения воздушной среды и борьбы с шумом вновь сделало весьма актуальной задачу создания электромобилей, способных во



всех отношениях заменить автомобили. Значительно расширились исследовательские и экспериментально-конструкторские работы по созданию аккумуляторов и электромобилей более совершенных систем и конструкций. В течение 1965—1971 годов были созданы новейшие образцы электромобилей с запасом хода до 64—80 километров и максимальной скоростью до 40—50 километров в час. В настоящее время фирмой «Мессершмитт-Белков-Блом» разрабатывается электромобиль марки МВВ грузоподъемностью в 1 тонну. Работают над созданием грузовых и особенно легковых электромобилей многие фирмы США, ФРГ, Англии, Японии, Италии, Голландии, Франции. Созданы опытные образцы электромобилей у нас, а также в ЧССР и Болгарии.

Совершенствуя электромобили, конструкторы идут и по пути использования топливных элементов. В отличие от аккумуляторов, у которых электроды участвуют в образовании электрохимической энергии, топливный элемент представляет собой электрохимический генератор, в котором осуществляется прямое преобразование химической энергии топлива в электрическую. В наши дни стоимость топливных элементов еще весьма высока, а выходная мощность, приходящаяся на единицу веса, в 50 раз ниже, чем у двигателя внутреннего сгорания, хотя и находится на уровне самых эффективных современных аккумуляторов.

Топливные элементы в качестве генератора энергии имеют довольно высокий к.п.д., теоретически близкий к 100, а практически — в пределах 40—80 процентов.

Наименование агрегата	Удельная энергия источника, вт-ч/кг
Кислотно-свинцовая аккумуляторная батарея . .	20
Кадмиево-никелевая аккумуляторная батарея . . .	55
Серебряно-цинковая аккумуляторная батарея . . .	132
Воздушно-цинковая аккумуляторная батарея . . .	176
Натриево-серная аккумуляторная батарея	330
Хлоро-литиевая аккумуляторная батарея	440
Бензиновый двигатель внутреннего сгорания . . .	2200

Создание электромобиля, равного по своим эксплуатационным качествам и мобильности обыкновенному автомобилю, представляется пока весьма трудной задачей, что подтверждается следующим сравнением удельной энергии силовых генераторов (см. таблицу).

Если учесть, что практически могут быть применены только первые два вида аккумуляторных батарей, так как промышленное производство всех остальных обходится весьма дорого, то становится очевидной трудность решения поставленной задачи. И тем не менее она будет решена, так как этого настоятельно требует жизнь, в этом социальный заказ конструкторам.

Однако поскольку проблему сохранения чистоты воздушного бассейна городов необходимо решать сейчас, ряд фирм занялся снижением токсичности выхлопных газов автомобилей и созданием опытных образцов легковых автомобилей с комбинированным энергопитанием, сочетающих аккумуляторную батарею с легким двигателем внутреннего сгорания.

Такое сочетание выполняется либо по последовательной схеме, когда вся мощность двигателя используется для привода генератора, питающего тяговый двигатель и подзаряжающего аккумуляторную батарею, либо по параллельной, когда лишь часть мощности двигателя идет на генератор, подзаряжающий батарею, а часть — непосредственно на силовую передачу к ве-

дущим колесам. Распределение энергии, снимаемой с генератора и двигателя внутреннего сгорания, равно как и идущей на подзарядку батарей аккумуляторов, осуществляется блоком системы автоматического контроля и регулирования.

Применение комбинированных схем позволяет в некоторых конструкциях в 8—10 раз уменьшить вес энергосиловой установки по сравнению с аккумуляторной батареей и практически создать электромобиль с гибким регулированием затрат энергоносителя и возможностями, не уступающими обычному автомобилю.

Известны опытные образцы автомобилей, сконструированных в США фирмой «Дженерал моторс» («Стирллек-1»). В качестве двигателя в них применен поршневой двигатель типа «Стирлинг» с внешним сгоранием, дающий минимальный выброс токсичных продуктов. Такие же двигатели имеют японские модели «Юаса Батери» и «Тойо Когуо», канадская модель, созданная в университете города Торонто.

Специалисты, оценивая перспективы массового применения электромобилей, полагают, что начиная с 1975—1977 годов можно рассчитывать на более или менее массовый выпуск электромобилей с комбинированным питанием, а после 2000 года — электромобилей на химических источниках тока. Представляется, что, если не появятся какие-либо новые решения в использовании топливных элементов, автомобильный парк нашей страны также начнет пополняться сначала автомобилями комбинированного питания, а эра собственно электромобилей наступит за пределами нашего века.

* * *

Рассмотренные транспортные энергетические установки являются достаточно универсальными. Применение их, а также их возможных модификаций может быть в принципе целесообразно на каждом виде наземного транспорта.

Что касается авиации, то в 30—40-х годах нашего столетия был создан реактивный двигатель, совершивший в ней подлинную революцию. Эта силовая установка логикой самого рабочего процесса приспособлена именно для этого скоростного и сверхскоростного вида

транспорта. Если экономичность дизеля, газовой турбины и атомной силовой установки зависит только от эффективности их рабочего процесса, то транспортная эффективность реактивной установки, ее тяговый к.п.д., зависит от скорости движения самого транспортного средства и выражается уравнением: $\eta_т \frac{2V}{U+V}$,

где $\eta_т$ — тяговый к.п.д.; U — скорость струи реактивного двигателя; V — скорость движения транспортного средства.

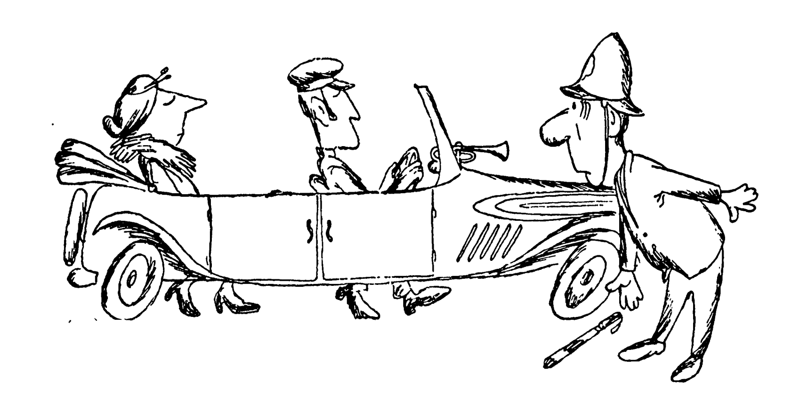
Таким образом, если реактивный двигатель со скоростью истечения газов из сопла 2100 километров в час позволяет развить скорость полета самолета, равную 970 километрам в час, то тяговый к.п.д. его составит 63 процента. Если же такой двигатель установить на железнодорожном или водном транспортном средстве, следующем со скоростью 200 километров в час, тяговый к.п.д. его снизится до 17,4 процента.

Вот почему реактивный тяговый двигатель представляет собой силовую установку, приспособленную только для воздушного транспорта. Максимальный тяговый к.п.д. он развивает лишь тогда, когда скорость полета только в два раза менее скорости истечения струи газов из двигателя. Это обстоятельство определяет и будет определять дальнейшее совершенствование энергосиловых установок самолетов. Будут созданы новые разновидности газотурбинных двигателей, именно турбореактивных, турбовентиляторных и турбореактивных с дожиганием топлива за турбиной.

Прогресс в области двигателестроения приведет к созданию компрессоров и турбин с высоким перепадом давления, а также охлаждаемых воздухом турбинных лопаток, на которые можно будет подавать газ, нагретый до 1000—1100 градусов.

Основным реактивным двигателем, очевидно, станет двухконтурный турбовентиляторный двигатель с высоким расходом воздуха через внешний контур и с высокой степенью сжатия порядка 25. Заметим, что это сжатие почти вдвое выше, чем у нынешних реактивных двигателей, и больше, чем у дизельного двигателя.

Высокая степень сжатия и высокая температура газов, подаваемых на лопатки, позволяют повысить тяговый и общий к.п.д. двигателя до 35 процентов. Уста-



новка таких двигателей на самолетах существенно повысит их грузоподъемность, доведя ее до 100—120 тонн при скорости 920—950 километров в час.

Дальнейшее развитие получат и реактивные двигатели для сверхзвуковых самолетов. Двигательные системы этих самолетов состоят из воздухосборника, собственно двигателя и реактивного сопла с изменяемой геометрией. В двигателе, кроме того, есть форсажная камера, в которой подогревается газ для повышения скорости его истечения.

Вероятно, на сверхзвуковых самолетах будут ставиться двигатели и принципиально иных конструктивных схем, в которых с целью форсирования используется подогрев воздуха, засасываемого вентилятором. В такой силовой установке тяговое усилие увеличивается на 30—40 процентов.

Тяга таких высокофорсированных двигателей достигает очень высоких величин. Например, на самолете «ТУ-144» при скорости 2500 километров в час она достигает 17 400 килограммов, а суммарная тяга четырех двигателей — 69 600 килограммов, что эквивалентно мощности 172 тысяч л.с. Суммарная тяга двигателей самолета «конкорд», рассчитанного на скорость 2,2М, то есть 2260 километров в час, составляет 72 тысячи килограммов, а проект американского сверхзвукового самолета «Боинг-2707», предназначавшегося для полетов со скоростью 2900 километров в час, предусматривал установку четырех реактивных двигателей общей тягой 114 тысяч килограммов, что эквивалентно мощ-

ности 450 тысяч л.с., необходимой для набора высоты при дозвуковой скорости. Таковы масштабы силовых установок сверхскоростной авиации!

Новые силовые установки разрабатываются и будут разрабатываться для самолетов вертикального взлета и посадки. Предназначаются они для замены вертолетов, высокая стоимость которых и большие эксплуатационные расходы затрудняют их использование на междугородных линиях.

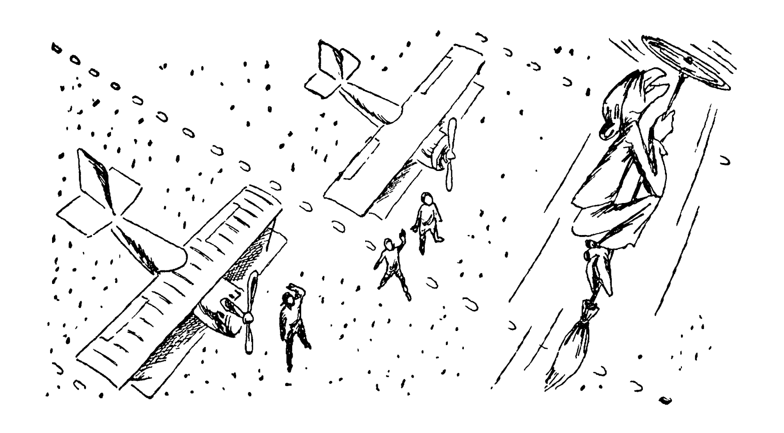
Для вертикального взлета требуется тяга, несколько большая, чем вес летательного аппарата. Тогда как величина тяги, требуемая для высокоскоростного горизонтального полета, составляет от 6 до 10 процентов его веса. Это обстоятельство обусловливает целесообразность использования двух двигателей — подъемного и маршевого, хотя не исключаются и другие схемы. Двигатель для подъема может быть очень легким и компактным с удельной тягой порядка 20—30 килограммов и с небольшим моторесурсом. Моторесурс такого двигателя, равный 500 часам, обеспечил бы до 5000 полетов, что соответствовало бы сроку службы маршевых двигателей современных конструкций.

В настоящее время есть довольно много экспериментальных образцов самолетов вертикального взлета и посадки, но только для военных целей. Поэтому можно полагать, что появления таких самолетов на Гражданском воздушном флоте, очевидно, следует ожидать не ранее 2000 года или даже первых лет нового столетия.

* * *

Мощные источники энергии, такие, как дизельные двигатели, паровые и газовые турбины и атомные паросиловые установки, таят еще в себе резервы дальнейшего повышения мощности, экономичности и надежности работы.

Дальнейший технический прогресс в области силовых установок может привести к созданию более совершенных комбинированных агрегатов. К ним можно будет отнести установку, сочетающую двигатели внутреннего сгорания с газовой турбиной. Возможно сочетание газовой турбины с паровой установкой. Наконец, возможна установка, объединяющая газовую турбину с атомным реактором, обеспечивающая неогра-



ниченный радиус действия транспортного средства, на котором она будет применена.

К началу будущего столетия или в первые его годы, вероятно, получат широкое использование электрохимические источники энергии на автономных транспортных средствах, почти не загрязняющие воздушный бассейн и с низким уровнем шума.

Энергосиловые установки, обусловливая определенный уровень развития транспорта, решают, так сказать, задачу количественного взаимодействия транспорта с народным хозяйством. Они определяют объем перевозок грузов и скорость их перемещения. Что же касается качественной стороны этого взаимодействия, предусматривающей максимальную сохранность перевозимых грузов, минимальные затраты общественного труда на перевозки и погрузочно-разгрузочные работы, то оно решается не тяговыми средствами транспорта, а наличием подвижного состава и тоннажа, отвечающего по своим конструктивным и эксплуатационным характеристикам требованиям народного хозяйства.

Поэтому следующим направлением прогресса на транспорте является приспособление подвижного состава и тоннажа к структуре и свойствам перевозимых грузов, их партионности максимальному использованию комплексной механизации и автоматизации грузовых работ. Причем если реконструкция тяговых средств, начатая в середине нашего столетия, развернулась достаточно широко и дает уже хорошие результаты, то реконструкция подвижного состава и тоннажа практи-

чески только начинается. Идет она как по пути совершенствования конструкций, так и по пути последовательного увеличения их грузоподъемности. Такой подход обеспечивает снижение и относительной стоимости их изготовления, и себестоимости перевозок.

На железнодорожном транспорте за истекшие 20 лет грузоподъемность условного вагона возросла на 27 процентов при увеличении числа осей. Это явилось следствием начатой еще в 30-е годы замены двухосных вагонов на четырехосные грузоподъемностью 50—62 тонны. В настоящее время уже разработаны и выпускаются промышленностью восьмиосные полувагоны грузоподъемностью до 125 тонн, восьмиосные цистерны грузоподъемностью 120 тонн.

В недалеком будущем подвижной состав станет более широким, шириной в 3750 миллиметров вместо теперешнего в 3400 миллиметров. Это улучшит весовые параметры грузовых вагонов и позволит удвоить в течение 15—20 лет их грузоподъемность и емкость.

Средняя грузоподъемность автомобиля в нашей стране за истекшее десятилетие выросла на 20 процентов и к концу текущей пятилетки увеличится на 32 процента по сравнению с 1960 годом. Сейчас в автомобильном парке преобладают автомобили грузоподъемностью 2,5—4,0 тонны, в то время как около 75 процентов перевозимых ими грузов представляют собой массовые навалочные грузы, для эффективной перевозки которых требуются автомобили грузоподъемностью 5—8 тонн. А количество их в парке составляет всего 7 процентов. Столь малая доля автомобилей большой грузоподъемности объясняется тем, что для ускорения процесса создания автомобильного транспорта в нашей стране использован принцип массового поточного производства автомобилей при минимальном количестве их конструктивных типов.

В наши дни, когда, кроме ЗИЛа и ГАЗа, в пополнении и формировании автопарка участвуют также Минский, Кременчугский и другие автозаводы и строится гигант КамАЗ, предназначенный для выпуска трехосных автомобилей грузоподъемностью 8 тонн, структура автотранспорта будет приводиться в соответствие с характером и партионностью перевозимых грузов.

Таким образом, в будущем на дорогах нашей страны резко возрастет относительное количество автомо-

билей и автопоездов большой грузоподъемности. Увеличится число трехосных автомобилей повышенной проходимости, менее губительно воздействующих на дороги со слабым покрытием. В этом будет выражаться главное качественное отличие автомобильного транспорта будущего. Будут полностью выполнены Директивы XXIV съезда КПСС, предусматривающие необходимость «улучшить структуру парка грузовых автомобилей, повысить удельный вес автомобилей большой грузоподъемности и автопоездов».

Проблема улучшения структуры автомобильного парка включает также и вопрос использования автомобилей малой грузоподъемности в 0,8—2,0 тонны. В парке СССР такие автомобили составляют 5—6 процентов. Между тем в зарубежных странах их количество значительно выше: в ФРГ — 60 процентов, США — 66, Италии — 68, Франции — 73. Правда, распространение автомобилей этого класса, связанное с наличием большого количества мелких фермерских хозяйств и кустарных производств, не может приниматься нами в качестве образца. Однако при обслуживании торговли, в системе службы быта, в учреждениях связи и в ряде других отраслей использование автомобилей малой грузоподъемности, управляемых не водителями-профессионалами, а людьми, совмещающими профессию экспедитора, почтальона и др. с профессией шофера, может оказаться весьма рациональным. Исследования Института комплексных транспортных проблем при Госплане СССР и Научно-исследовательского института автомобильного транспорта показали, что, исходя из особенностей структуры перевозимых грузов, наиболее рациональной может явиться следующая структура автомобильного парка: автомобили грузоподъемностью до 2 тонн — 24 процента; от 2 до 5 тонн — 45; от 5 до 8 тонн — 14 и свыше 8 тонн — 17 процентов. Как показали расчеты, при оптимальной структуре парка перевозка всего груза, запланированного на 1975 год, обошлась бы дешевле перевозок существующим парком на 2,8 миллиарда рублей и меньшим контингентом шоферов на 1,95 миллиона человек.

Грузоподъемность за последнее время более всего увеличилась на морском транспорте и особенно навалочного и наливного флотов. Средний дедвейт навалочного судна в составе мирового морского флота за пе-

риод с 1960 по 1973 год возрос с 18 500 до 37 000 тонн, или в 2 раза; примерно в 2 раза увеличился и средний дедвейт наливных судов. Если в 1960 году танкер дедвейтом 104 тысячи тонн и («Юнайверз Лидер») считался супертанкером, то в 1972 году спущен на воду танкер «Глобтик Токио» дедвейтом 472 тысячи тонн, и предполагается постройка танкеров, дедвейт которых будет достигать миллиона тонн.

Средний дедвейт заказанных на конец 1972 года нефтерудовозов составлял около 150 тысяч тонн. Если десять лет назад лесовоз дедвейтом 5—6 тысяч тонн считался крупным судном, то в настоящее время строится большое число лесовозов дедвейтом 20 и более тысяч тонн.

Таким образом, следует ожидать, что к концу текущего столетия отечественный морской флот будет включать сухогрузные навалочные суда дедвейтом 150—200 тысяч тонн, танкеры, дедвейт которых будет достигать 300 тысяч тонн, и контейнеровозы дедвейтом 30—35 тысяч тонн.

Аналогичные процессы будут иметь место и в воздушном флоте нашей страны, который, очевидно, для дальних перевозок наряду с модернизированными дозвуковыми самолетами «ТУ-134» на 76 мест, «ТУ-154» на 158 и «ИЛ-62» на 168 мест будет иметь новые многоместные самолеты вместимостью 350 пассажиров, а также аэробусы на 450—500 мест.

Важнейшей задачей транспорта является не только регулярная доставка грузов, но и полная их сохранность. Между тем недостаточная приспособленность подвижного состава, и в первую очередь железнодорожных вагонов и автомобилей для перевозки некоторых грузов, приводит к потерям в народном хозяйстве.

Специальные испытания показали, что потери угля при перевозках в универсальных вагонах составляют около 1,6 тонны, или 2,6 процента от перевозимого груза, потери руд цветных и черных металлов около 7 процентов. При транспортировке ежегодно теряется около 3 миллионов тонн химикалий. Из-за несовершенства конструкций вагонов, из-за боя при перевозке теряется до 18 миллионов квадратных метров стекла, до 2 миллиардов штук кирпича, до 1 миллиона тонн огнеупоров. Потери при перевозке в универсальных бортовых автомобилях достигают 1—1,5 процента от веса

перевозимых зерновых культур, 3—5 процентов картофеля, при перевозках в самосвалах до 5 процентов товарного бетонного раствора.

Поэтому одним из важнейших направлений совершенствования вагонов и автомобилей является их специализация, то есть приспособление типов и конструкций к особенностям и свойствам перевозимых грузов, а также условиям комплексной механизации и автоматизации грузовых работ.

Специализация подвижного состава и тоннажа широко используется на транспорте промышленно развитых зарубежных стран. Например, количество специализированных вагонов на железных дорогах США составляет 29 процентов, ФРГ — 27,7, Франции — 21,9. Специализированных автомобилей (включая «пикапы») в США 84 процента, ФРГ — 89, Англии — 77,5.

Анализ мировых заказов на постройку морских судов свидетельствует, что если в 1963 году число специализированных судов составляло 40 процентов от общего числа грузовых судов, то в 1970 году их удельный вес повысился до 75 процентов. Это прогрессивное направление развития транспортных средств имеет место и на отечественном транспорте. Поэтому в отличие от существующих парков, состоящих главным образом из вагонов, автомобилей и судов универсального назначения, в парках и флотах будущего будут широко представлены самые разнообразные перевозочные средства, специально приспособленные для обеспечения наибольшей сохранности перевозимых грузов, а также быстрой погрузки и разгрузки.

Следует отметить, что в настоящее время на погрузочно-разгрузочных работах, связанных с перевозкой грузов, занято в народном хозяйстве около 8 миллионов человек, на оплату которых затрачивается до 14 миллиардов рублей в год. Помимо колоссальных расходов, увеличивающих издержки обращения, это тяжелый, преимущественно ручной труд, который уже не соответствует ни потенциальным возможностям, ни способу социалистического производства. Поэтому вопрос комплексной механизации и автоматизации погрузочных работ на транспорте представляет собой важную социальную проблему, решение которой будет способствовать решению одной из важнейших задач комму



листического строительства — ликвидации различий между физическим и умственным трудом.

В свете сказанного будет усовершенствована конструкция одного из основных типов железнодорожных вагонов — полувагона для наиболее удобной и быстрой разгрузки его на роторных вагоноопрокидывателях без расцепки составов. Это целесообразно тем более, что погрузка массовых навалочных грузов, составляющих основу грузооборота, уже полностью механизирована.

Для перевозки цемента будут широко применяться крытые «хоппер»-цементовозы, а также цистерны-цементовозы, разгружающиеся при помощи специального аэролоткового устройства. Минеральные удобрения будут перевозиться в крытых «хопперах», предохраняющих грузы от потерь и порчи, а загрузочные и разгрузочные устройства позволят полностью механизировать все грузовые операции.

Получат распространение созданные отечественной промышленностью специализированные вагоны для перевозки зерна и сахара-сырца. Найдут применение специальные цистерны для химических продуктов.

Еще большее развитие получит рефрижераторный подвижной состав с машинным оборудованием, позволяющий поддерживать в вагонах температуру до минус 18—22 градусов, а в зимнее время (в соответствии со свойствами перевозимого груза) отапливаться.

Получат широкое распространение специальные двухъярусные платформы для перевозки легковых автомобилей, использование которых позволяет почти в три

раза увеличить емкость вагона (на одной платформе 17 автомобилей вместо трех) и механизировать погрузку и крепление на них автомобилей.

Если сейчас у нас выпускаются по преимуществу автомобили с бортовыми неподвижными грузовыми платформами и самосвалы, то в составе будущего автопарка будут преобладать автомобили специализированных конструкций. Например, такой груз, как цементный раствор, будет перевозиться не в автомобиле-самосвале, а в специальном растворовозе.

Для перевозки зерна будут применяться специальные закрытые кузова, не только предохраняющие его от внешних воздействий, но и оборудованные охладителями для предотвращения перегрева зерна, от трения при транспортировке.

Для перевозки скоропортящихся пищевых продуктов будут использоваться автомобили, кузова которых снабжены специальной легкой и высокоэффективной изоляцией, или в автомобилях-рефрижераторах с применением жидкоазотного охлаждения.

Размеры кузовов и межосевой базы автомобилей будут соответствовать объемному весу перевозимого груза. Наряду со специализацией автомобилей по видам грузов конструкция их и дополнительное оборудование также изменятся с учетом использования в различных климатических зонах страны и особенно в зонах холодного, сурового климата.

Более широко станут применяться специализированные суда на морском и речном флоте. Помимо существующих судов, таких, как танкеры для жидких грузов, но используемые для насыпных и навалочных грузов, или специальных рудовозов, лесовозов и сухогрузных судов, которые будут максимально приспособлены для автоматизации грузовых работ, распространение получат суда более узкой специализации. Они станут перевозить только сжиженный газ, или только вина, или цемент, бумагу, химические удобрения, колесную технику и др.

Особое развитие, по-видимому, получит транспортный флот, специально приспособленный для тяжелых условий арктического плавания.

Задачу максимального сокращения затрат общественного труда решает создание специальной комплексной системы так называемых контейнерных пере-

возок. Эта система превратится во всеобъемлющую мировую систему со стандартными транспортными средствами, удешевляющую и ускоряющую процесс перевозки наиболее ценных и дорогих штучных грузов.

Контейнерная система включает следующие элементы. Специальные емкости для прямых бесперегрузочных перевозок штучных грузов — собственно контейнеры. Специальные склады, где производится накопление контейнеров и грузовые операции с ними. Специальный подвижной состав. Механизацию для погрузки и выгрузки контейнеров.

Особенностью всех штучных грузов является необходимость их упаковки. Как правило, она довольно сложна и дорогостояща. На погрузку и разгрузку штучных грузов, составляющих около 10 процентов грузооборота, падает до 80 процентов всех трудовых затрат, связанных с грузовыми работами.

Контейнерная система обеспечивает огромную экономию на изготовлении тары и сберегает древесину. Но она требует и специального подвижного состава, который обеспечивал бы удобство погрузочно-разгрузочных работ, автоматическое крепление контейнеров, а его размеры соответствовали бы размерам и весу контейнеров или были бы кратными их величинам.

Поэтому на транспорте будущего мы увидим большое количество специальных контейнеровозов. На железнодорожном транспорте это будут специализированные железнодорожные платформы соответствующих размеров; на автотранспорте — специальные автомобили или автопоезда; на водном транспорте — специальные суда-контейнеровозы с трюмами ячеистого типа и палубами, оборудованными для автоматического крепления контейнеров, и оснащенные кранами соответствующей грузоподъемности.

Разновидностью судов для контейнеров явятся и лихтеровозы, перевозящие также и наливные грузы, в частности нефтепродукты. Лихтеровозы могут быть двоякого типа. Доковые, принимающие на борт от 20 до 100 специальных барж (лихтеров) грузоподъемностью от нескольких сотен до тысячи тонн и доставляющие их до пунктов назначения, где сгружается нужное количество лихтеров, а судно следует далее. И скелетного типа, состоящие из набора лихтеров, отделяющихся по мере надобности от основного корпуса лихтеровоза.

На речном флоте для перевозки контейнеров разработаны суда катамаранного типа, имеющие два киля и соединяющую их платформу достаточно больших размеров, оборудованную для грузовых работ, автоматического крепления и транспортировки.

* * *

Транспорт в нашем обществе выполняет двоякие функции и играет двоякую роль. С одной стороны, он отрасль производства, обеспечивающая технологические связи всех отраслей народного хозяйства и перемещение продуктов труда от мест производства в места потребления. С другой — это сфера обслуживания, которая непрерывно расширяется в связи со все большим разделением общественного труда, повышением благосостояния населения, увеличением свободного времени и прогрессирующим процессом урбанизации.

Если новый производственный транспорт, все больше удовлетворяя потребности народного хозяйства и сберегая при этом общественный труд, будет мощным и специализированным, управляемым автоматизированными системами, то пассажирский должен обеспечивать все возрастающие перевозки пассажиров и создавать им максимальный комфорт.

Под максимальным комфортом понимаются не только удобства помещений, освещение, кондиционирование воздуха, удобные места для размещения, обслуживание во время поездки, но и регулярность и частота движения, а главное — скорость, то есть сокращение времени, затрачиваемого на поездку.

Таким образом, транспорт выполняет важные социальные функции, участвуя в распределении времени, отводимого на труд и отдых, и определяя, особенно в пригородных перевозках, степень и общий уровень утомляемости человека.

С этой точки зрения, пожалуй, важнейшим синтетическим показателем является скорость движения транспорта, а точнее — скорость доставки пассажиров по нужному адресу.

Последнее обстоятельство приобретает важность, так как при существующих скоростях движения отдельных видов транспорта теряется соответствие времени, скажем, доставки пассажиров к аэропортам, времени

полета. Например, время, затрачиваемое на доставку пассажиров к аэропорту и от аэропорта при полете из Москвы в Ленинград, в 2—4 раза превышает время самого перелета. Однако скорость не может увеличиваться бесконечно. И для каждого уровня технического развития существует оптимальная ее величина.

На пассажирском транспорте вопросы целесообразности увеличения скоростей определяются таким критерием, как рост реальных доходов населения, которые позволяют им более высоко оценивать свое время. Готовность пассажиров оплачивать более высокие тарифы, обусловливаемые ростом себестоимости скоростных перевозок, определит и возможные уровни повышения скоростей пассажирского движения на всех видах транспорта. Поэтому скорость движения транспорта не является только функцией увеличения мощности тяговых средств и условий движения. Не исключена возможность, что в будущем не будут полностью использованы технические скоростные возможности транспорта, если это будет вызывать повышение общественных издержек.

Тем не менее рост благосостояния населения приведет в дальнейшем к непрерывному увеличению скоростей движения; пассажиропотоки будут все более сосредоточиваться на скоростных видах транспорта. С этой точки зрения нынешняя тенденция увеличения пассажиропотока воздушного транспорта, отвечающая наиболее рациональному использованию времени пассажиров, является вполне закономерной.

На советском транспорте, объединенном в единую транспортную систему, не может иметь место конкуренция между отдельными его видами. Наоборот, он развивается так, что обеспечивает перевозку грузов и пассажиров при наибольшей экономии трудовых и материальных ресурсов.

Нередко, прогнозируя скорости движения на транспорте, отдельные авторы переносят зарубежные технические достижения на будущее отечественного транспорта. Между тем затраты на организацию высокоскоростного транспорта окупятся только при определенных размерах пассажиропотока. В других случаях даже при наличии технических возможностей и при отсутствии каких-либо специальных целей чрезмерное повышение скоростей движения не будет иметь оправдания.

Даже коммунистическое общество, которое будет обладать огромными техническими и материальными ресурсами, но в то же время и являться наиболее организованным обществом, вряд ли позволит себе нерациональное использование своих ресурсов. Тем более это относится к экономике развитого социалистического общества при наличии товарно-денежных отношений.

Исходя из этого, ряд исследователей определил скорость движения пассажирских поездов для линий, не требующих коренной реконструкции пути и искусственных сооружений, в 100—150 и максимально до 200 километров в час. В этом случае расстояния в 800—1000 километров (их относят в разряд целесообразного железнодорожного пассажирского движения) будут покрываться поездами в течение ночи, освобождая дневное время пассажира для деловой деятельности или отдыха.

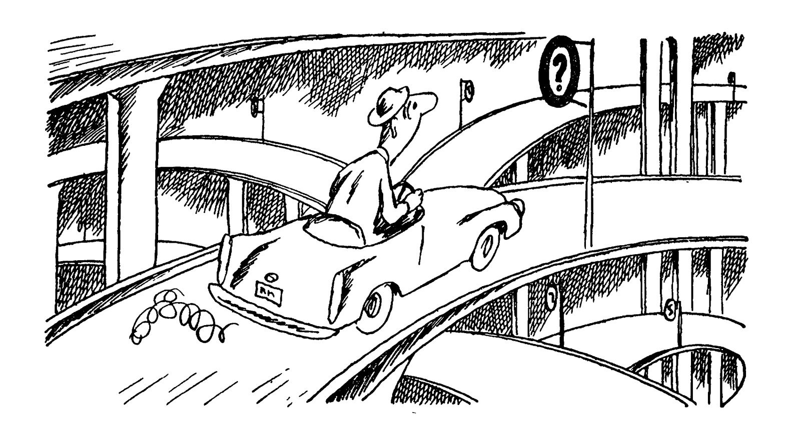
Если пассажиропоток станет достигать 40 и более миллионов человек, то целесообразно провести реконструкцию железнодорожных линий и подвижного состава с тем, чтобы они допускали движение с максимальной скоростью 250—300 километров в час.

Надо отметить, что такое деление подтверждается практикой строительства и эксплуатации зарубежных скоростных железнодорожных линий. На широко известной скоростной линии Токио — Осака протяженностью 515 километров курсируют электропоезда, развивающие максимальную скорость 255 километров в час и маршрутную — 162. Пассажиропоток на этой линии превышает 60 миллионов человек в год и продолжает возрастать.

На скоростной линии Нью-Йорк — Вашингтон протяженностью 362 километра электропоезда ходят с максимальной скоростью 263 километра в час и маршрутной — 140. А на линии Нью-Йорк — Бостон турбопоезда идут с максимальной скоростью 274 километра в час и маршрутной — 100 при пассажиропотоке в 40—60 миллионов человек.

Дальнейшее увеличение скоростей свыше 300 километров в час для железных дорог и 50—60 — для речного и морского транспорта требует использования новых принципов движения и иных конструкций подвижного состава.

Уже известны впечатляющие достижения советских



ученых, конструкторов, самолетостроителей. Можно полагать, что в преддверии XXI столетия сверхзвуковая авиация достигнет скорости 3000—4000 километров в час, а дозвуковая превратится в околозвуковую со скоростью полета порядка 1000 километров в час.

Наиболее важной особенностью отечественного пассажирского транспорта последних полутора-двух десятилетий текущего столетия явится значительный рост парка личных легковых автомобилей.

Достоинства легкового автомобиля велики и бесспорны. Он экономит рабочее время, увеличивает производительность труда, позволяет приятнее отдыхать, заниматься туризмом, расширяет возможность культурных развлечений.

Массовое производство легковых автомобилей, развернутое в соответствии с решениями XXIII съезда КПСС на Волжском и Ижевском заводах, на расширенном и реконструированном заводе имени Ленинского комсомола и других, позволит уже к 1975 году довести выпуск легковых автомобилей до 1 миллиона 260 тысяч штук в год. В дальнейшем их производство будет расширяться, и к 2000 году по дорогам нашей страны побегут не сотни тысяч и не миллионы, а десятки миллионов автомобилей.

В печати приводились разные данные о доли легковых автомобилей в автопарке нашей страны. Некоторые авторы, учитывая современный уровень насыщения автомобилями в США — 435 автомобилей на 1000 жителей и свыше 200 автомобилей в Канаде,

Австралии, Швеции, Франции, Швейцарии, Англии и др., считают, что и в СССР в не столь отдаленном будущем этот уровень должен повыситься до 200—250 единиц на 1000 человек населения.

Ссылаясь на отрицательные последствия стихийной автомобилизации, происходящей в экономически развитых капиталистических странах: заторы на улицах и снижение скорости передвижения, затруднения в парковке автомобилей, интенсивное загрязнение воздушного бассейна городов и усиление шума, другие специалисты считают, что широкое распространение личных легковых автомобилей не отвечает духу социалистического общества.

Нам представляется, что перенесение опыта автомобилизации капиталистических стран на нашу действительность неправомерно как не учитывающее ни условий жизни нашего общества, ни сложившихся традиций. А отличия эти весьма существенны.

Во-первых, у них автомобилизация осуществлялась стихийно: огромные автомобилестроительные монополии выбрасывали на рынок массы относительно дешевых автомобилей без учета пропускной способности городских магистралей; выпуск автомобилей не координировался с гаражным строительством, с реконструкцией городов и с другими мероприятиями.

Во-вторых, количественно и качественно общественный транспорт этих стран значительно уступает общественному транспорту нашей страны в настоящее время и еще больше будет уступать в будущем.

В-третьих, весьма различны условия расселения людей как в городах, так и особенно в сельской местности. Города нашей страны реконструируются и развиваются как комплексы жилых районов с большой плотностью населения, связанные мощными артериями общественного городского транспорта с центром и промышленными районами. В сельской местности идет процесс укрупнения поселений с превращением их в поселки городского типа. Все это не похоже на капиталистическую действительность с присущим ей ходом урбанизации и большой долей индивидуальных ферм, достаточно удаленных друг от друга.

Поэтому выпуск легковых автомобилей личного пользования, учитывающий пропускную способность городских магистралей, рост предприятий обслужива-

ния, гаражного и дорожного строительства, с одной стороны, и опережающее развитие общественного транспорта, повышение регулярности его работы, уменьшение степени заполнения и, наконец, возможность введения бесплатного проезда — с другой должны уберечь нас от воздействия отрицательных факторов автомобилизации страны.

В связи с этим стоит отметить, что вряд ли для наших городов будет актуальна разрабатываемая за рубежом программа строительства автоматизированного городского транспорта с дистанционным управлением его движением при помощи ЭВМ, предусматривающая использование индивидуальных кабин, в которые обязан будет пересаживаться владелец автомобиля, прибывающий в город. С этими задачами, если потребуется, лучше справится общественный городской транспорт.

Таким образом, плановый, регулируемый выпуск автомашин и четко работающий, комфортабельный общественный транспорт должны предотвратить такое насыщение легковыми автомобилями, которое могло бы привести к отрицательным социальным последствиям, имеющим место в настоящее время в экономически развитых капиталистических странах.

Общественный городской транспорт будущего, очевидно, будет представлен прежде всего автобусами большой и особо большой пассажировместимости, комфортабельными троллейбусами, скоростными трамваями и метрополитеном.

Однако интенсивный процесс урбанизации и расширение территорий городов вызовут к жизни и иные виды транспорта общего пользования, связывающие пригороды с городами. Появится сверхскоростной наземный транспорт на воздушной подушке или с магнитным подвешиванием.

Следует отметить еще один вид транспорта с хорошей перспективой развития в связи с увеличением у трудящихся баланса свободного времени. Имеются в виду специальные поезда, в составе которых не только обычные спальные вагоны, но и специальные вагоны с хорошей обзорностью; специальные автобусы, приспособленные для совершения туристских поездок; речные и морские суда, оборудованные, как туристские базы, спортивными площадками, концертными залами.

Итак, в будущем потребности народного хозяйства и населения в перевозках будут удовлетворяться не только традиционными видами транспорта, которые будут значительно усовершенствованы, но и новыми, принципиально отличными от них. Они, эти новые виды транспорта, значительно расширят возможности транспортной системы страны.

* * *

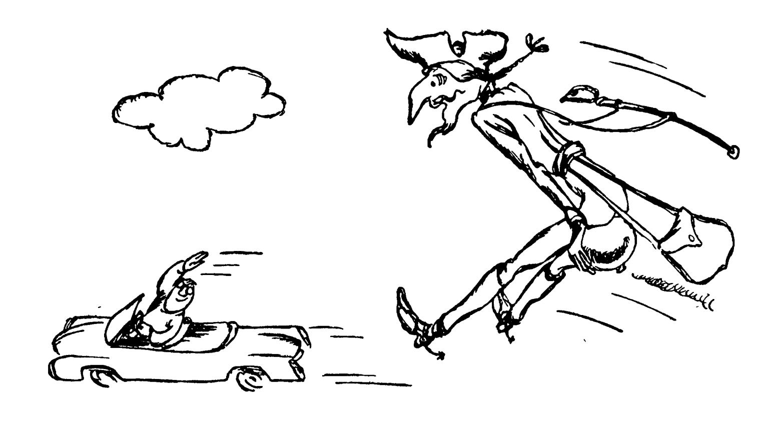
Характерной особенностью современного и особенно будущего экономического развития является все возрастающее вовлечение в хозяйственный оборот неисчерпаемых природных ресурсов северных и северо-восточных районов страны.

Однако, как показала практика, капитальные затраты в этих районах в 2—3 раза превышают затраты на строительство аналогичных объектов в освоенных районах страны. Особенно великими в этих районах транспортные расходы, достигающие 60 процентов от стоимости всего строительства.

Высокая стоимость строительства предприятий и сложность их эксплуатации объясняются транспортной неосвоенностью территории и несоответствием традиционных технических транспортных средств климатическим и природно-почвенным условиям этих районов. Строительство и эксплуатация шоссейных и железных дорог могут быть экономически целесообразны только в центральной и южной, более или менее освоенных частях северных районов страны. В малоосвоенных северных районах, где грузопотоки малы, а условия еще тяжелее, транспортное строительство экономически не оправдано и технически весьма сложно.

Поэтому на всей территории холодного климата и тундры грузовые и пассажирские перевозки будут осуществляться не только железнодорожным, водным, воздушным, трубопроводным и автомобильным транспортом, но и транспортом, использующим новые принципы движения. Они будут связывать традиционный или магистральный транспорт с клиентурой и выполнять самостоятельные перевозки.

К этому вездеходному виду транспорта относятся аппараты на воздушной подушке, специальные вездеходы, трейлеры и транспортеры.



Воздушная подушка образуется поддувом воздуха под днище транспортного средства, ограниченное по периметру завесой, изготовленной из гибкого, износостойкого материала. Воздух подается вентилятором, приводимым в движение специальным двигателем.

Вездеходы на воздушной подушке с полным отрывом от поверхности земли грузоподъемностью до 20 тонн смогут выполнять служебно-разведочные работы, осуществлять почтовую связь, использоваться как санитарный транспорт, транспорт для торгово-снабженческих операций, спасательных работ и др. Эти вездеходы обладают неограниченной проходимостью и высокой скоростью.

Вездеходы с частичной разгрузкой опорного движителя с помощью воздушной подушки (колесного, гусеничного или роторно-винтового типа) будут иметь грузоподъемность 50—60 тонн и применяться для массовых грузовых перевозок и как тягачи для трейлеров на воздушной подушке.

Трейлеры на воздушной подушке состоят из грузовой платформы, окруженной эластичной завеской, внутри которой создается воздушная подушка; силовой установки с вентиляторами для подачи воздуха и контактирующих колес, обеспечивающих устойчивость и управляемость. На них можно перевозить тяжеловесные и крупногабаритные грузы весом до 800 тонн даже по жидким торфяникам. Они могут применяться в районах тундры и полупустынь Средней Азии.

Для перевозки особо тяжелых грузов несколько трейлеров на воздушной подушке можно объединять в поезда-транспортеры.

Проведенные предварительные технико-экономические расчеты затрат на 1 тонно-километр транспортной работы в условиях Тюменской области показали, что перевозка автотракторными средствами обходится в 71,2 копейки, гусеничными тяговыми средствами — 90 копеек, вертолетом «МИ-4» — 136 копеек и аппаратом на воздушной подушке — 64 копейки.

Развитие этого транспорта отвечает и прогрессивным тенденциям в строительстве, требующем совершенствования транспортной системы в целом. В последнее время в нашей стране и за рубежом получает все большее развитие крупноблочный монтаж строящихся объектов, укрупнение оборудования, особенно проявляющиеся в строительстве объектов энергетики, объектов химической промышленности и тяжелого станкостроения. Из-за отсутствия в настоящее время в нашей транспортной системе специальной службы и транспорта для перевозки крупногабаритных и тяжелых грузов приходится демонтировать собранные на заводах агрегаты, перевозить их по частям, а потом снова собирать на строительных площадках в менее благоприятных условиях. Все это приводит к удорожанию строительства, ухудшению качества сборки и удлинению ее сроков.

Об эффективности использования транспорта на воздушной подушке для ускорения и улучшения крупноблочного монтажа свидетельствует опыт английской фирмы «Бритиш ховеркрафт корпорейшн». Для перевозки трансформатора весом 155 тонн она применила стандартный колесный транспортер с разгрузкой от воздушной подушки. Это увеличило его грузоподъемность и снизило осевые нагрузки, позволив преодолеть слабые мосты и участки шоссейной дороги с недостаточной несущей способностью. Экономия только от одного рейса полностью окупила стоимость разгрузочного устройства транспортера.

В транспортной системе будущего новый вид транспорта большой проходимости займет важное место как при освоении северных районов страны и полупустынь, так при строительстве промышленных предприятий.

В будущей транспортной системе нашей страны суда на воздушной подушке займут важное место для скоростного сообщения и обслуживания глубинных районов страны, плохо обеспеченных путями сообщения.

Суда на воздушной подушке могут быть амфибийного и скегового типа.

В судах амфибийного типа все пространство между днищем корабля и поверхностью воды ограничивается эластичной юбкой из прочного гибкого материала. Эти суда могут выходить на берег, преодолевать мелководья и применяться в зимнее время, обеспечивая круглогодичную навигацию.

В судах скегового типа воздушная подушка создается в пространстве, ограниченном днищем корабля, специальными бортами, опускаемыми ниже днища, — скегами — и частично ограждением в носовой и кормовой части судна. Скеговые суда проще конструктивно и легче в управлении. Они успешно преодолевают мелководье, но полностью не могут выходить на поверхность, так как их скеги должны быть погружены в воду.

В нашей стране имеются не только головные образцы судов на воздушной подушке амфибийного («Бриз» и «Скат») и скегового типа («Зарница»), но уже начался их серийный выпуск. В ближайшем будущем такие быстроходные суда со скоростью хода до 120 километров в час наряду с судами на подводных крыльях будут обслуживать внутренние водные пути нашей страны и пассажирское междугородное движение на морских трассах.

В настоящее время для межконтинентальных сообщений используется либо авиатранспорт, развивающий скорость 850—950 километров в час, либо пассажирские морские лайнеры, двигающиеся со скоростью до 30 узлов, или 55 километров в час.

Разницу в скоростях этих видов транспорта «выберут» суда на воздушной подушке грузоподъемностью до 5—10 тысяч тонн и скоростью 100—140 узлов, или 185—260 километров в час.

Однако их коммерческое использование, очевидно, станет возможным только в первые десятилетия будущего века.

Более реальным является осуществление высокоскоростного наземного пассажирского движения с при-

менением поездов на воздушной подушке или с магнитным подвешиванием, движущихся по специальным эстакадам со скоростью 300—500 километров в час. В качестве тягового устройства для таких поездов предусматривается использование линейных асинхронных электродвигателей. Над созданием этого вида транспорта, одинаково хорошего для дальнего следования, для пригородного движения, а также для связи городов с отдаленными аэропортами, работают ученые и конструкторы как у нас в стране, так и в США, Франции, Англии, ФРГ, Японии и других странах.

Состояние этих работ таково, что можно достаточно определенно говорить о промышленной эксплуатации этого вида транспорта как одного из звеньев единой транспортной системы страны недалекого будущего.

* * *

Итак, единая транспортная система страны на рубеже XX—XXI веков представляется нам как мощный скелет магистральных железнодорожных линий, гармонично сочетающихся не только с разводящими участками железных дорог, но и со столь же современной сетью автомобильных дорог с твердым покрытием, обеспечивающий надежное транспортное обслуживание внутрирайонных и межрайонных связей.

Единая транспортная система включает и внутренние водные пути, имеющие большое народнохозяйственное значение для меридиональных транспортных связей обжитых центральных и южных с северными районами нашей страны. В единую транспортную систему входит трубопроводный транспорт нефте- и газопроводов, а в будущем — угле- и рудопроводов.

Единая транспортная система заканчивается трассами морских путей, обслуживаемых нашим торговым флотом, и транспортными линиями в труднодоступных районах с малым грузо- и пассажиропотоком, на которых будут работать вездеходы на воздушной подушке.

В единую транспортную систему включаются авиационные линии, связывающие населенные пункты страны и страну со многими государствами мира.

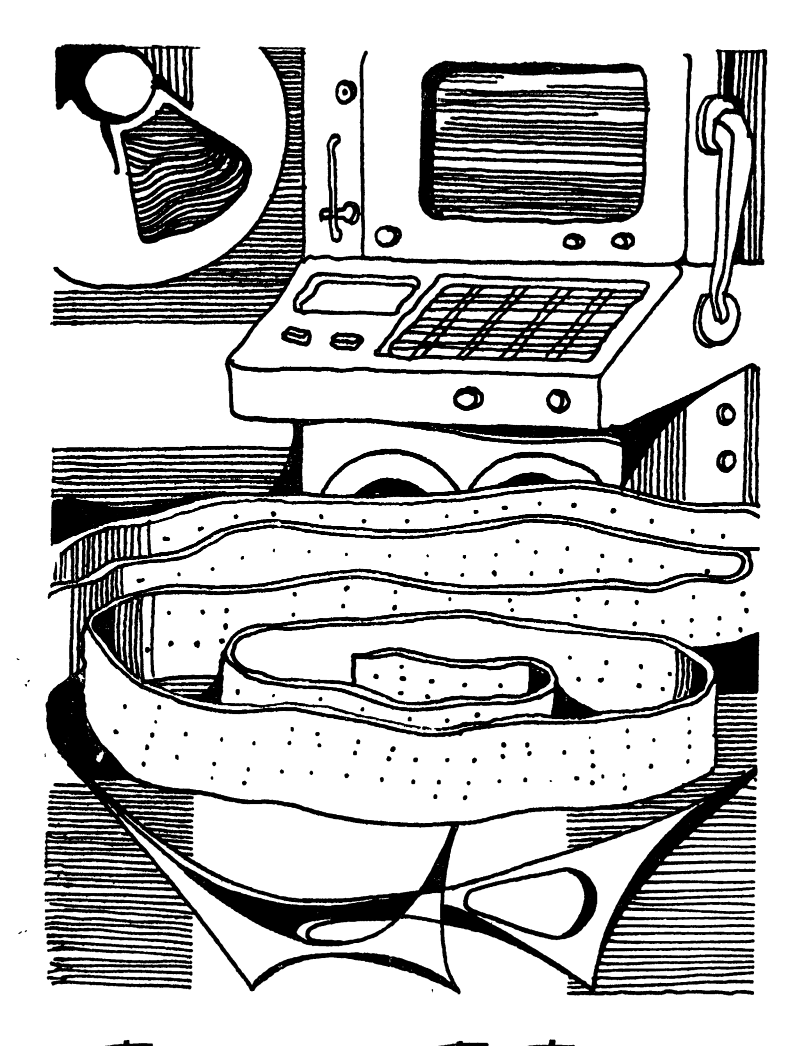
Эта транспортная система будет располагать соединительными звеньями — узлами, связывающими раз-

личные виды транспорта, а также транспорт с народным хозяйством и потребителями транспортных услуг. Узлы — это железнодорожные и автомобильные станции, аэропорты, морские и речные порты, полностью механизированные мощные комплексы для выполнения погрузочно-разгрузочных работ.

Так представляется нам транспортная система будущего, обусловленная развитием современной транспортной техники с учетом возможных потребностей народного хозяйства и населения в транспортном обслуживании.

Конкретное содержание многих технических свершений, а также сроки осуществления всех предначертаний зависят прежде всего от наших усилий, от вдохновенного труда, инициативы и творческого поиска.

В поиске новых путей, новых технических решений, в совершенствовании транспортной системы страны как элемента многогранного хозяйства могучей социалистической державы велика роль молодежи. Она призвана осуществить это будущее, свое будущее, имя которому — коммунизм!



Профессор Н. П. Петрович рассказывает об информации и связи будущего

Системы передачи информации на нашей планете появились задолго до изобретения человеком телеграфа, телефона, радио. Более того, они существовали за несколько миллиардов лет до появления самого человека. Материальными носителями этих первых систем связи были, конечно же, первые живые существа, возникшие в далеком архее.

В самом деле, характерным признаком любой формы живой материи является воспроизведение себе подобных и способность к саморегуляции при изменении свойств окружающей среды. Эти два процесса абсолютно немыслимы без передачи информации. Размножение требует передачи наследственной информации от родителей к детям, саморегуляция требует получения информации об изменении свойств среды и на ее основе передачи команд организму для приспособления его к изменившимся условиям существования.

Позднее, когда в процессе эволюции образовались сообщества живых существ, появились системы биологической связи между отдельными особями этих сообществ, без которых немыслимо их существование. Кроме того, живые существа в процессе эволюции отлично освоили в тех или иных видах принципы локации и навигации и широко используют их и для поиска пищи, и для ориентации.

Какое разнообразие идей и методов передачи информации во всех этих системах, найденных эволюцией в слепом поиске только методом «проб и ошибок»! Муравьи успешно пользуются «языком» запахов. Пчелы поставили на службу передачи информации изящные балетные па. Дельфины и летучие мыши для ориентировки в пространстве и охоты используют ультразвуковые локаторы. В отличие от них змеи находят жертву с помощью собственного теплового локатора. В мире животных широко используются также звуковые системы связи; например, сурки выставляют наблюдательные посты и характерным свистом предупреждают собратьев о приближении опасности. Рыбы, обитающие на большой глубине и почти во мраке, имеют свои биологические источники света с линзами, рефлекторами и диафрагмами. Они сигналят световыми импульсами разной длительности и разной частоты следования. Их азбуку еще предстоит разгадать.

Но вот около миллиона лет назад на планете появи-

лось некое существо с проблесками разума. Впоследствии оно присвоило себе, правда не без некоторых оснований, звания «Человек Разумный», «Венец творения Природы», «Вершина эволюции»... Это, однако, случилось значительно позже, а в начале своего пути оно почти не отличалось от животных. Передачу информации оно осуществляло теми же средствами, что и животное: ласковое или грубое прикосновение, мимика и жест и небольшое количество нечленораздельных звуков. Все это и составляло бедный язык стада, или, говоря менее обидно, первобытного сообщества наших далеких предков.

Борьба за существование в таких сообществах — коллективная охота, коллективная оборона, коллективный труд — требовала обмена информацией между отдельными его особями. Гримас и нечленораздельных звуков было явно недостаточно. На помощь им в конце концов пришла сначала устная, а затем и письменная речь.

На это ушла ни много ни мало добрая сотня тысячелетий.

Население земного шара быстро увеличивалось. Заселялись почти все земли планеты. Появилась острая необходимость передавать информацию на большие расстояния, в тысячи раз большие, чем перекрываемые человеческим голосом.

Что тут только не применялось! Неутомимый бегун или гонец на лихом скакуне мчал срочные донесения; индейцы условной комбинацией костров объявляли войну соседнему племени; звук гигантского барабана пронзал африканские джунгли; почтовый голубь, ориентируясь непонятным до сих пор образом, нес письмо.

Но всего этого было недостаточно. Жизнь требовала более быстрой передачи информации и значительно большего объема.

Революцию совершило электричество. Появился телеграф — связь по проводам. Впервые открылась возможность мгновенно передавать сообщение на большие расстояния, значительно превышающие пределы прямой видимости. Сначала это были условные значки типа азбуки Морзе. Потом человеческий гений нашел способы сразу передавать буквенный текст, не требующий зашифровки на передаче и расшифровки его на приеме.

Следующим шагом было изобретение телефона.

Появилась возможность поговорить с человеком, находящимся за тридевять земель. Сегодня это тривиально, а на всемирной Парижской выставке тысячи людей стояли в очереди, чтобы первый раз поговорить с другими посетителями по телефону и убедиться в реальности изобретения.

Но для телеграфной и телефонной связи нужны были дорогостоящие провода, кабели. И разве мыслимо опутать ими весь земной шар, соединив многие точки планеты. А подвижные объекты так и вовсе невозможно связать с землей и между собой проводами. Проблема оставалась нерешенной.

Но вот были переданы первые сигналы из одной точки пространства в другую без всяких проводов. Это был известный опыт А. Попова. Так появилась радиосвязь. Основное свойство ее, к которому мы также все привыкли и не замечаем, — отсутствие соединительных проводов между корреспондентами. Был открыт новый, не зримый глазом носитель информации, движущийся, как и световой луч, с колоссальной скоростью — почти 300 000 километров в секунду — и легко пронзающий почти любые препятствия.

Изобретение радио разорвало цепи, которые приковывали информацию к проводам и кабелям, и дало ей полную свободу. Она полетела не только к неподвижным земным корреспондентам, но и к кораблям, поездам, самолетам, космическим станциям, к планетам солнечной системы. Продолжая дело А. Попова, советские люди создали первые космические линии связи. По ним первый в истории человечества искусственный спутник Земли (ИСЗ) сообщил свои координаты, по ним пионер космоса Юрий Гагарин беседовал с землянами.

И все-таки даже совместное использование проводной связи и радиосвязи не в состоянии сегодня удовлетворить непрерывно растущие потребности в передаче информации. Особенно остро эта проблема стоит для дальней связи. Здесь природа пошутила над нами. Участок волн, который может нести информацию в любую точку планеты (это так называемые короткие волны), вмещает ее очень мало и не обеспечивает надежной связи в любое время. Участки же волн, вмещающие гигантское количество информации (ультракоротковолновый диапазон — УКВ — и световой), дают связь только в пределах прямой видимости.

Выход из этого тупика принесли ИСЗ. Они расширили в тысячи раз пределы прямой видимости. Ведь ИСЗ высоко парят над Землей, «оглядывают» очень большую территорию планеты, и с ними можно держать связь на УКВ и световых волнах. Если «разбросать» несколько таких ИСЗ вокруг земного шара, то они благодаря прямой видимости могут иметь связь и друг с другом, и с Землей в этих диапазонах. Остается только снабдить их ретрансляторами, и получится всемирная система связи, способная принципиально передавать колоссальную информацию из любых одних точек планеты в другие. Такую систему связи называют глобальной, или всемирной.

Одновременно с развитием средств передачи информации шло развитие средств ее запоминания. Эти два процесса неразрывно связаны друг с другом. Ведь запоминание информации есть накопление опыта, накопление знаний, то есть то, что люди, поколения, народы передают друг другу на протяжении всей истории человечества.

Зафиксировав или запомнив так или иначе информацию, мы тем самым делаем ее достоянием близкого или далекого будущего (в зависимости от типа запоминающего устройства), то есть мы начинаем передавать ее в будущее.

Следовательно, если средства связи передают информацию в пространстве, то запоминающие устройства передают ее во времени. Совместное их использование и обеспечивает накопление и обмен знаний и опыта человечеством, обеспечивает непрерывное развитие нашей цивилизации.

Первым запоминающим устройством, или первым таким передатчиком, был, конечно, мозг животных, возникший в процессе многих миллионов лет эволюции. Выживал и побеждал тот, кто лучше помнил места добычи пищи, опасности, хорошие укрытия, водопои.

Человек, вырвавшись из царства животных благодаря труду, стал быстро совершенствовать свой мозг, свою память.

Но борьба за существование и трудовая деятельность требовали и других — внешних по отношению к мозгу — способов запоминания информации. Индейцы использовали для этого разноцветные раковины, инки — узловое письмо — кипу. Каждая кипу состояла из длин-

ного основного шнура, к которому прикреплялись другие шнуры с различными узлами и сплетениями в виде бахромы, да еще разного цвета.

Далее следуют высеченные на камне изображения, многие из которых дошли до наших дней. Это были первые прообразы графического способа хранения и передачи информации.

В четвертом тысячелетии до нашей эры появились древнеегипетские письмена, составленные из изобразительно-образных знаков — иероглифов. Они обозначали целые понятия или отдельные слоги и звуки речи.

Революция в развитии письма как способа фиксации речи, позволившего передавать ее на расстояния и закреплять во времени, связана с появлением и развитием буквенно-звукового (алфавитного) письма. Материальный носитель письма менялся: глиняные плитки, кожа, папирус, пергамент, береста и, наконец, бумага.

Следующим не менее революционным шагом было изобретение книгопечатания. Человечество получило возможность накапливать свой опыт и передавать его от поколения к поколению. Это было куда надежней, чем изустные предания, песни и легенды.

На помощь книгам пришла фотография, а затем и кино. Когда смотришь документальный звуковой, цветной стереофильм, то эта богатая информация переносит тебя за тридевять земель, кажется, что ты сам охотишься на тигров, что ты сам в Антарктике и сам играешь с уморительными пингвинятами...

Запоминание голоса и звуков музыки решалось по-разному: фонограф — граммофон — патефон — магнитофон.

Появление электронных быстродействующих вычислительных машин (ЭВМ) потребовало разработки принципиально новых методов запоминания информации. Для выполнения расчетов машина должна очень многое помнить: и правила выполнения операций, и входные данные задачи, и промежуточные результаты, и необходимые константы, и полученные результаты. Здесь используются различные устройства, способные хранить информацию во времени: бумажные перфокарты, электронные трубки с большим послесвечением, электромагнитные реле, электронные реле (триггеры), линии задержки из катушки конденсаторов, ртутные



линии задержки, магнитофоны, катушки на ферритовых сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса. По некоторым параметрам эти устройства уже начинают успешно соревноваться с чудом творения природы — человеческим мозгом.

Итак, начав с нечленораздельных звуков и надлома веток для запоминания пути, сегодня человек владеет речью и письменностью, строит системы связи через искусственные спутники Земли, может запоминать и через некоторое время воспроизводить огромные массивы почти любой информации. Иначе говоря, он научился передавать информацию как в пространстве, так и во времени.

Если принять тезис современной науки о множественности цивилизаций во вселенной, то степень развития той или иной цивилизации можно пытаться оценивать разными показателями. Одно из предложений — оценивать по количеству потребляемой энергии. По этой оценке наша земная цивилизация относится к цивилизациям энергетических бедняков. А вот цивилизации, которые потребляют количество энергии, близкое или даже большее энергии, излучаемой их звездой, являются энергетическими властелинами и могут быть отнесены к сверхцивилизациям.

Не менее, а мне кажется, даже более эффективным критерием оценки уровня развития цивилизаций может служить информация: например, количество информации, принимаемой и перерабатываемой одной особью

данной цивилизации в течение суток. И по этому критерию, как и по энергетическому, земляне скорей всего находятся на первых ступеньках гигантской лестницы, ведущей в царство сверхцивилизаций и, наверно, полного раскрытия каждой личности.

Однако поток информации, который уже сегодня обрушивается на землянина, становится угрожающим. В этом потоке и быстронарастающий опыт человечества (копящийся со времен начала нашей цивилизации), то есть вся наука и техника, и текущая информация, приносимая газетами, журналами, телеграфом, телефоном, радио, телевидением, и огромный поток художественной литературы, кинокартин, театральных пьес, музыки, живописи... Этот поток информации стремительно нарастает. Зарубежные прогнозисты часто полагают, что все это кончится «информационным взрывом» — человек потеряет ориентировку в поступающей информации: земная цивилизация не сможет использовать всю добываемую информацию, и темп ее развития снизится.

Эти прогнозы и породили образ информационного вулкана, из кратера которого исторгается вся добываемая человечеством информация. Сегодня он только дышит, лишь небольшие потоки лавы изредка стекают с его склонов и выбрасывается немного пепла, горячих газов и прорываются гейзеры на склонах. Однако это еще не извержение; оно только зреет в глубинах кратера. Об этом напоминает и подземный гул, и легкие толчки землетрясений. Упомянутые прогнозисты предсказывают неизбежность извержения этого вулкана, рисуют картину, напоминающую бессмертное творение К. Брюллова «Последний день Помпеи».

Резонно спросить: а есть ли основания для столь пессимистических прогнозов? Чтобы ответить на этот вопрос, надо заглянуть в кратер этого вулкана. Но предварительно вооружимся инструментом для измерения информации.

* * *

Математики и физики сошлись на том, что за единицу информации и удобно и логично принять такую дозу информации, которая уменьшает наше незнание в каком-то вопросе вдвое. При этом, конечно, полностью игнорируется значимость этого выбора.

Вот несколько примеров получения информации, равной единице.

— В каком полушарии находится самая высокая горная вершина?

— В северном.

— В какой половине года планировать вам отпуск?

— В первой.

Студент в растерянности: долг обязывает идти на лекцию, неутоленная жажда приключений зовет в кино на новый детектив. Как сделать выбор из двух возможностей? Бросается монета. Ура! Детектив!

Все это ситуации, в которых информация получается при выборе одной из двух равноправных возможностей.

Перейдем теперь к более сложному случаю — к выбору из четырех возможных исходов. Так, если понадобилось планировать отпуск с точностью до квартала, то во втором примере надо задать еще один вопрос:

— В каком квартале первого полугодия?

— Во втором.

Еще один пример. Ваш приятель спрятал под одной из четырех пиал монету. Как с помощью только двух заданных ему вопросов с ответами только «да» или «нет» найти ее?

— Монета находится под первой или второй пиалой?

— Нет.

— Монета находится под четвертой пиалой?

— Нет.

Монета найдена, она под третьей пиалой.

Из примеров следует, что при выборе из четырех равноправных исходов уже нужна не одна, а две единицы информации.

Если бы мы запрятали монету под восемь пиал, то для отгадки понадобилось бы не две, а три единицы информации. После первого вопроса: «Где монета: в первых четырех или последующих четырех пиалах?» — мы пришли бы к ситуации с четырьмя пиалами. Следовательно, нахождение монеты при восьми вариантах требует трех единиц информации. Не рискуя дальше наращивать число пиал, прошу читателя поверить такой табличке:

Выбор из двух	— одна единица информации
Выбор из четырех	— две единицы »
Выбор из восьми	— три » »

Выбор из шестнадцати	— четыре единицы информации
Выбор из тридцати двух	— пять единиц »
Выбор из шестидесяти четырех	— шесть » »

и так далее

Из этих данных усматривается любопытная зависимость между числом вариантов N, или исходов, и числом единиц информации I, необходимыми для принятия решения:

$$N = 2^I .$$

Логарифмируя это выражение по основанию два, получаем:

$$I = \log N.$$

Вот мы и вывели сообща формулу для вычисления необходимого количества информации, которую предложил американский ученый Р. Хартли еще в 1928 году. Она гласит: «Информация, необходимая для выбора из N равноправных вариантов, равна логарифму числа вариантов».

Логарифмическая функция, знакомая из школы, возрастает очень медленно с ростом числа. Значит, и потребное количество информации с ростом числа вариантов растет очень медленно. Так, продолжая нашу таблицу для большого числа исходов, легко находим, что при 512 вариантах необходимо только 9 единиц информации, чтобы принять решение, а при N = 4096 только на три единицы больше, то есть 12.

Иногда удивляются тому, как опытный следователь, получая от обвиняемого скупые ответы только в виде единиц информации — «да» или «нет», быстро распутывает дело. Ему, безусловно, помогает выведенная нами логарифмическая зависимость.

Единичная доза информации, которая получается из нашей формулы, если в ней положить N=2 ($\log_2 2=1$), получила международное название «бит». Оно происходит от сокращения английских слов binary digit, что значит — двоичная единица.

В жизни мы на каждом шагу пользуемся этой минимальной дозой информации в один бит. Кто не подсказывал в школе товарищу движением головы, чтобы сообщить ему ровно один бит информации — «да» или «нет»? Не случайно жизнь выработала этот метод чет-

кого вопроса — «да» или «нет»? Он требует принятия решения и четкого ответа в виде одного бита информации — «либо да, либо нет», он требует ухода из болота «ни да, ни нет», «скорей да, чем нет», «и да и нет».

Бит обладает ценными свойствами. Он наиболее прост и надежен при передаче информации на расстояние: кивок головой, взмах рукой, голос, выстрел, взрыв, световой зайчик, костер, ракета и т. д.

Для систем проводной и радиосвязи бит просто клад. В силу своей простоты — ведь надо передать только «да» или «нет» — он отлично сражается с помехами и обеспечивает наибольшую дальность и наименьшие ошибки.

В «жилах» ЭВМ тоже в большинстве случаев бегут биты — они наиболее надежны, они упрощают конструкцию, они подчиняются простейшей логике.

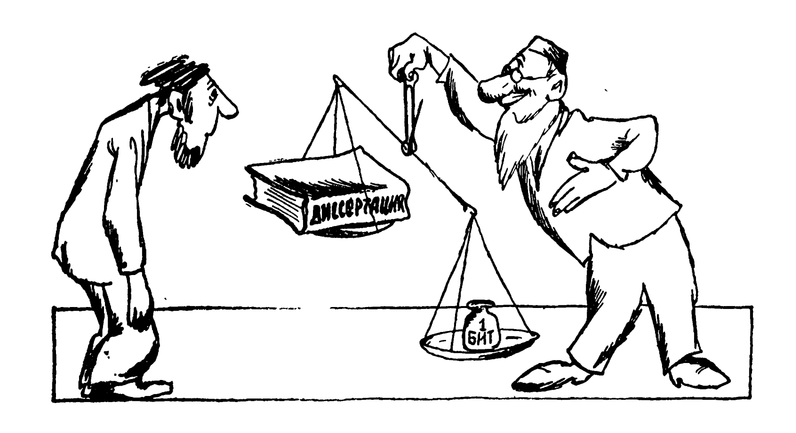
Наконец, самое главное — из этих простых дальнобойных посылок типа «да» — «нет» (в канале связи это может быть + и —, 0 и 1, излучение и отсутствие излучения) можно составить любую сложную информацию (как из простых кирпичей создают чудеса архитектуры). Даже, точнее сказать, наоборот: любую информацию — речь, музыку, изображение — можно разложить на простые биты типа «да» — «нет», передать их в таком надежном виде по каналам связи, а затем снова сложить из них исходную информацию.

Итак, если мы передаем из одной точки пространства в другую одну посылку, которая может принимать только одно из двух равновероятных значений — «да» или «нет», — то мы сообщаем ровно один бит информации.

При этом передаваемая информация, конечно, совершенно не зависит от вида переносчика и от длительности посылки. Это может быть звук, свет, электрический ток, радиоволна, луч лазера; а длительность любая — микросекунда, секунда, час, год и т. д.

Как же практически пересчитать объем информации, содержащийся в той или иной книге, например в Большой Советской Энциклопедии, в биты?

Русский алфавит состоит из 32 букв. Каждой букве можно поставить в соответствие комбинацию из пяти символов типа «да» — «нет» ($2^5=32$). Однако в тексте встречаются еще цифры, знаки препинания и другие вспомогательные знаки: скобки, кавычки, тире



и т. д. Поэтому возьмем комбинацию не из пяти, а из шести символов.

Раскрываем наугад любой том БСЭ и считаем число букв, цифр и знаков, которое размещается на странице. Округленно подсчет дает 6000. Следовательно, если переписать эту страницу на двоичный алфавит, то есть покрыть ее унылым набором из «да» и «нет», а практически пишут 0 и 1, то общее их число будет $6\times6000=36\,000$. (При том же шрифте и формате это потребует уже шести страниц.)

Если бы все буквы, цифры и другие знаки встречались в тексте одинаково часто, то количество информации на одной странице БСЭ было бы равно числу двоичных знаков, то есть составляло 36 000 бит. Но, как показал Клод Шеннон, если одни символы встречаются чаще, а другие реже, то количество информации в таком тексте падает. Учет этого обстоятельства для русского языка уменьшает количество информации на нашей странице, испещренной только нулями и единицами, приблизительно в три раза.

Таким образом, одна страница БСЭ содержит лишь 12 000 бит информации. Считая среднее число страниц равным 650, получаем объем информации в одном томе 7 800 000 бит, а во всех 51 томах округленно 400 миллионов бит ($4 \cdot 10^8$ бит).

О достоинствах бита мы говорили: это простота и надежность; и в этом смысле он друг человека (а возможно, и других разумных существ, если они есть) Но этот друг может стать, и частично уже стал, вра

гом человека. Об этом красноречиво свидетельствует экспонента, по которой растет армия бит во времени.

Их становится так много, что в этих джунглях из бит можно заблудиться. Ведь в общую копилку человеческих знаний непрерывно вносят свою долю миллионы людей, и ее «золотой фонд» растет с колоссальной скоростью. Число бит в копилке достигло астрономической величины. И ориентироваться даже на небольшом участке этой копилки становится все труднее и труднее.

Ситуация напоминает сказку К. Чуковского, когда девочка Женя пожелала иметь все-все игрушки мира и чуть-чуть не стала жертвой их нашествия.

* * *

Анализ роста основных показателей земной цивилизации — потребляемая энергия и вещество, народонаселение, объем научной и технической информации и т. д. — за ряд последних столетий показывает, что он происходит по так называемой экспоненте. Что это значит?

Снег подтаивает. Вы находитесь на верху крутого склона. Слепили снежок, пустили его вниз и наблюдаете, как он катится. Снежок быстро облипает снегом и растет, как на дрожжах: чем больше его масса, тем больше на него налипает снега и тем быстрее он разрастается. В этом и есть вся премудрость экспоненты, ее закон.

Сам закон получается вот откуда. Обозначим нарастающую массу нашего снежного кома буквой игрек (y), тогда скорость ее нарастания есть производная массы по времени, то есть $\frac{dy}{dt}$. Если обходиться без высшей математики, то можно эту же скорость вычислить, деля прирост массы кома Δy на время Δt, за которое он произошел: $\frac{\Delta y}{\Delta t}$.

Экспоненциальная зависимость требует прямой пропорциональности в каждый момент времени между растущей массой кома y и скоростью налипания на ком снега

$$\frac{\Delta y}{\Delta t}\left(\text{точнее}\ \frac{dy}{dt}\right).$$

Следовательно, общее условие прямой пропорциональности запишется так:

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = \text{Const } y .$$

Если такая зависимость справедлива, например, для народонаселения планеты, то с увеличением его, скажем, в три раза скорость его прироста тоже должна возрасти в три раза. Это, в свою очередь, ускорит дальнейшее нарастание численности населения и, соответственно, пропорциональное нарастание скорости его прироста и т. д.

Если ничто не нарушит прогресса с такой прямой пропорциональностью, то у может достичь сколь угодно больших величин.

В примере со снежным комом естественным ограничением явится длина снежного склона.

Если склон очень длинен, например, вы пустили снежок с вершины или седловины Эльбруса, то при больших значениях у сильно возрастет сопротивление воздуха, его движение замедлится, скорость налипания $\frac{\Delta y}{\Delta t}$ упадет, нарастание кома замедлится, прямая пропорциональность нарушится.

Теперь естественно спросить, по какому же закону во времени должна нарастать масса нашего снежного кома у, чтобы была прямая пропорциональность между у и $\frac{\Delta y}{\Delta t}$?

Оказывается, есть только одна удивительная функция, которая при всех значениях пропорциональна своей производной, удовлетворяющая нашему уравнению. Вот она:

$$y = y_0 E^{\alpha t} ,$$

где y_0 — начальная масса нашего кома (снежка) в момент $t=0$, а α — постоянный коэффициент, зависящий в нашем примере от крутизны склона и состояния снега.

Графическое изображение этой зависимости и получило название экспоненты.

Для нее характерно: при малых значениях величины у она нарастает очень медленно и ползет вверх, как черепаха, но по мере увеличения у кривая все круче забирает вверх и при больших у, как ракета, уходит ввысь.

Нарастание какой-либо величины по такому закону и получило название экспоненциального.

Кривая эта, спокойно занимая свое скромное место в гигантском арсенале математических функций, и не подозревала, что ей уготована великая честь — определять развитие основных показателей земной цивилизации (в том числе и самой математики).

Теперь эта роль вскрыта и ее загадочное «имя» — экспонента — стало очень популярно и замелькало в книгах, журналах, докладах.

Рядом с двумя гигантами, на которых стоял ньютоновский классический мир, — Массой и Энергией — в последние десятилетия был обнаружен третий, не менее могучий, — Информация. Кибернетика и теория информации открыли глаза людям на этого гиганта. Нет живого организма, в котором не бежали бы по внутренним каналам биты информации, нельзя построить умную машину, в которой не сновали бы те же биты, несущие команды управления и информацию о ее состоянии, нельзя представить себе сообщества разумных (людское, некоторые относят сюда и дельфинье) и неразумных (муравьи, пчелы и др.) существ без своих систем связи. Можно даже всю нашу земную цивилизацию рассматривать как единую кибернетическую систему, как систему регулирования с огромным числом элементов (например, каждый человек — один элемент) и сложной обратной связью.

Отсюда и вытекает определение цивилизации как *системы, стремящейся получить максимум информации об окружающей среде и о себе самой, абстрактно анализирующей эту информацию и использующей ее для выработки реакций, сохраняющих и укрепляющих саму систему.*

Такие явления, как войны, эпидемии и т. п., можно считать временными внутренними помехами в системе, которые, несомненно, будут в конце концов навсегда устранены в процессе ее регулирования по цепи обратной связи.

Можно спорить с этим определением, но нельзя отрицать факт — в основе развития человечества лежит непрерывный процесс получения, накопления, передачи и использования информации.

Безусловно, если бы удалось застопорить этот процесс хотя бы временно, то загнивание цивилизации бы-

ло бы неизбежным. Но миллионы лет жестокой борьбы человека за свое существование выработали в нем непобедимое стремление к новому, к неизведанному, к совершенствованию орудий труда и самого себя. Вот почему процесс накопления информации принципиально остановить невозможно. Он непрерывно нарастает. И нарастает по экспоненте!

Это значит, что с некоторого момента, выйдя на крутую часть экспоненты, объем информации начнет лавинообразно нарастать и может превысить любую сколь угодно большую величину. Это и будет извержение нашего вулкана. Это и будет пресловутый «информационный взрыв».

Есть ли реальная опасность наступления такой ситуации?

Для ответа на этот вопрос обратимся к фактам.

* * *

Какая информация уже сегодня обрушивается на обитателей планеты Земля, мы уже говорили. Это сотни миллионов экземпляров газет в день, это сотни тысяч научных и художественных книг и журналов в месяц, это более полумиллиарда радиоприемников, это сотни миллионов телевизоров и т. д. И количество этих источников информации растет значительно быстрее, чем население земного шара (последнее тоже растет по экспоненте, но имеет большой период удвоения).

Человеческая психика имеет определенные границы в восприятии информации. С одной стороны, она (разумеется, не очень переутомленная) плохо реагирует на замедление потока поступающей информации: при этом возникает ощущение скуки и угнетения. С другой — имеется и верхний предел восприятия информации человеком: эта величина порядка 25 бит в секунду, или одного слова в секунду.

Количество книг, например, которое может прочесть человек за всю свою жизнь, не превышает 2—3 тысяч. И это довольно высокая норма. Ее можно выполнить, читая ежедневно приблизительно по 50 страниц. За время «читающей» части жизни будет издано более 20 миллионов книг. Значит, в среднем можно прочесть только одну из 10 000 книг.

Но ведь все мы любим классиков. У каждого есть

свои любимцы, к беседе с которыми иногда непреодолимо тянет, и мы не раз и не два возвращаемся к ним. Значит, полученную нами оценку надо еще уменьшить.

Гигантская диспропорция между возможностями человека и потоком информации, который обрушивает на него современная цивилизация, требует больших ухищрений в «упаковке» информации, чтобы именно эта информация пролезла через узкую щель человеческого восприятия в сознание индивида.

Как выбрать из книг, журналов, радио- и телевизионных передач и всякой другой информации то, что отражает вкусы, желания, настроения, устремления именно данной конкретной личности? Кто-то, махнув рукой на вулкан, идет по случайному пути: «что попалось под руку, то и ладно». Другие вырабатывают некие свои принципы и в соответствии с ними собирают сведения о книгах, картинах, постановках у знакомых и только потом решают, какую информацию «вводить» в себя. Иные следят за всеми рецензиями и по ним решают эту проблему (часть берет то, что хвалят, а часть то, что ругают).

Но мы сейчас обсудим вопросы накопления и использования только научной информации. Ибо именно она наиболее сильно влияет на прогресс человечества, определяя основной фактор исторического развития — совершенствование средств производства.

Характерным признаком современного этапа развития нашей цивилизации является быстрый рост числа ученых. Удвоение населения Советского Союза произошло за 70 лет: с 124 миллионов в 1897 году до 236,7 миллиона в 1968 году. Число ученых в СССР удвоилось всего лишь за 10 лет — с 1950 по 1960 год. Но следующее удвоение произошло еще быстрее, за 5 лет — с 1960 по 1965 год. Если распространить такие же темпы роста числа ученых на будущее, то мы придем к парадоксу — через 80 лет все взрослое население страны превратится в ученых.

Удвоение новых результатов мировой науки происходит приблизительно за 10 лет. Однако сопровождающая данное удвоение научно-техническая информация за это время не удваивается, а увеличивается значительно быстрее — в 8—10 раз. Такая «плодовитость» информации и породила жупел огнедышащего вулка-



на, угрожающего информационным взрывом. Ведь информационный поток удваивается каждые 3—4 года!

В настоящее время в 100 тысячах журналов, издаваемых в разных странах, публикуется ежегодно более 4 миллионов статей.

Сюда нужно добавить десятки тысяч выходящих книг, сотни тысяч патентов и авторских свидетельств. Кстати, общий фонд изобретений достиг астрономической цифры — 13 миллионов!

Если все это просуммировать, то «на душу» каждого специалиста в данной узкой области еженедельно издается до 100 печатных листов. Если эта бедная «душа» будет тратить даже все свободное время на чтение литературы по своей специальности, отбросив надежду на свои собственные исследования и свои новые результаты, то и тогда она сможет осилить не более 10 процентов чужих мыслей.

Такая диспропорция уже привела к большой потере информации и к большей потере времени при хаотическом поиске в надежде «наткнуться» именно на нужную информацию. Так, подсчитано, что в США и Англии из-за того, что не удалось разыскать вовремя информацию об уже выполненных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, 10—20 процентов разработок дублируют старые работы. В СССР, например, удельный вес повторных «изобретений» в области угольного комбайностроения возрос с 40 процентов в 1946 году до 85 процентов в 1961 году.

Такое положение сложилось к сегодняшнему дню.

Но экспонента продолжает круто возрастать. Если ее ход продолжить по закону прошедших десятилетий, то к 2000 году информационный поток должен возрасти еще в 30 раз! Это неизбежно привело бы к колоссальной потере информации. Такая ситуация получила название «информационной насыщенности». Если допустить, что самой лакомой пищей человека является информация, то в этой ситуации он будет напоминать муху, пытающуюся съесть... слона.

Надвигающееся насыщение специалистов информацией, ее обесценивание (а она имеет ценность только, если используется) и привело некоторых западных футурологов к выводу о приближающемся застое в развитии нашей цивилизации, снижении темпов технического прогресса.

* * *

Настало время оценить возможности человека по накоплению (запоминанию) информации. Так как мозг только-только начал процесс самопознания и надежной модели работы его пока нет, то это можно сделать лишь весьма приближенно.

Оценки различных ученых емкости нашей памяти колеблются в широких пределах. Средняя величина, которой часто пользуются, лежит в пределах 10^{12}—10^{15} бит. Много это или мало? Как мы уже подсчитали, информация, содержащаяся во всей БСЭ, равна примерно $4 \cdot 10^8$ бит, что составляет ничтожную часть от этой величины. Во всем книжном фонде библиотеки имени В. И. Ленина информации около 10^{13} бит, то есть она могла бы уместиться в памяти одного (просто одного!) человека. Но в жизни мы таких ходячих и компактных «библиотек» не встречаем. Почему?

Все дело в том, что скорость восприятия человеком информации, или скорость ее ввода в память, составляет в среднем около 25 бит в секунду, или около одного слова в секунду Представим себе индивидуума, решившего вобрать в себя максимум информации и в течение 70 лет ежедневно поглощающего различные сведения по 10 часов в сутки со скоростью 25 бит в секунду. Легко подсчитать, что даже такой потребитель информации воспримет ее (если даже он ничего не забывает) не более $3 \cdot 10^9$ бит. А это составляет не более

одной тысячной имеющихся возможностей, если принять емкость памяти 10^{12} бит, и не более одной миллионной, если принять емкость 10^{15} бит. Следовательно, реально человек использует ничтожнейшую долю природных возможностей мозга.

Почему эволюция заложила такой большой «запас прочности», пока остается тайной. Но коль скоро есть такие резервы, то в конце концов человек найдет способ их реализации. Уже сейчас наметились некоторые пути. Один из них — так называемое скорочтение.

Как мы уже отмечали, люди читают довольно медленно. Но эта скорость не одинакова. Одни буквально проглатывают книги, пробегая взглядом по сотне и более слов в минуту, другие растягивают это удовольствие на недели. При этом нет оснований утверждать, что читающий медленно лучше понимает и запоминает прочитанное.

Опыты показали, что скорость чтения можно повышать путем специальных упражнений. Во время второй мировой войны английские психологи разработали методику обучения населения искусству мгновенного опознания вражеских самолетов. Тысячи англичан могли в мгновение ока «читать» едва заметные очертания самолетов. Это натолкнуло исследователей на мысль разработки методов быстрого чтения. Первая такая методика была разработана в Гарвардском университете в послевоенное время. Там же были открыты курсы для бизнесменов по овладению техникой скорочтения. Сейчас подобные курсы действуют на многих предприятиях, фирмах и учреждениях зарубежных стран.

Многие считают, что глаза читающего плавно скользят по строчкам текста. На самом деле за час непрерывного чтения в среднем 57 минут глаза читающего находятся в полном покое и только 3 минуты уходят на движение зрачков. Чем больше слов охватывает глаз во время остановки и чем быстрее все эти слова воспринимаются, тем быстрее чтение. Тренировка в скорочтении и сводится к тому, чтобы видеть сразу не одно-два слова, а значительно больше и быстро переходить к следующему куску текста. Опыт показывает, что, используя правильную методику и простые технические устройства (например, «фразоскоп»), можно повысить скорость чтения в 5—10 и более раз.

По-видимому, скорочтению надо обучать еще в школе, когда еще не сложилась привычка читать обычным способом (особенно замедляет чтение привычка повторять слова про себя или шепотом).

Хорошо известно, что часто чертеж, график, рисунок или фотография может содержать значительно больше информации, чем печатный текст, занимающий ту же площадь. При этом человек такую «графическую» информацию воспринимает всю сразу, в целом. Эта особенность изображения используется в основном в технической литературе, и то далеко не полностью. По-видимому, есть некое оптимальное сочетание текста и графики для данной информации и данной категории читателей, которое обеспечит максимальную скорость ввода информации в мозг человека. В сочетании со скорочтением это может дать увеличение скорости ввода информации в десятки, а может, и сотни раз.

На смену привычным нам книгам и журналам придут, как мне кажется, новые типы изданий, сочетающие буквенный текст и изображения, которые наши потомки будут мгновенно проглатывать, быстро обогащаясь информацией. Над ними будут совместно трудиться и писатель и художник. Возможно, возникнет новая категория авторов, сочетающих в себе оба таланта.

Но далеко не вся вводимая в мозг информация прочно там оседает. Хорошо запоминается то, что вызывает живой интерес, эмоциональный подъем, осознание важности запоминаемого. Из опыта мы знаем, что если впечатление сильное, то оно оставляет глубокий и прочный след в памяти. Процесс забывания фактически приводит к дополнительному снижению скорости вводимой в мозг информации.

Разработано много методов тренировки памяти для лучшего запоминания, но они мало используются. Им тоже надо обучать в школе.

Говоря об улучшении запоминания, нельзя не затронуть так называемую гипнопедию — запоминание информации во время естественного сна. Идея эта не новая. Так, еще в Древней Греции учителя нашептывали спящим ученикам то, что трудно усваивалось днем. В наше время хорошие результаты были получены при обучении во сне телеграфному коду в военно-морской школе во Флориде и летчиков во Франции. Затем эти

методы стали применяться при обучении иностранным языкам. Казалось, что появился новый эффективный способ введения информации, даже не требующий расхода времени, так как используется время сна. Однако более глубокие исследования показали, что запоминание возможно лишь в наиболее поверхностные фазы сна, в период дремотного состояния. По мере углубления сна возможности введения информации резко снижаются. Таким образом, гипнопедия применима в течение довольно короткого отрезка ночи и составляет ту ее часть, когда, по существу, сна еще нет, когда Морфей только протянул свои руки, но еще не обнял нас.

Итак, узкое место в системе связи «источники информации — человек», то есть медленность ввода информации в мозг человека, будет в ближайшие десятилетия в десятки, а может, и сотни раз расширено, и человек более полно использует свои природные возможности, предусмотрительно заложенные эволюцией.

Но только этот путь, конечно, не может предотвратить угрозу взрыва. Рассмотрим другие возможности.

* * *

Итак, если допустить, что рост научной информации в предстоящие десятки лет будет продолжаться по экспоненте, это может привести к нежелательным последствиям. Наступит перепроизводство информации. Ученые уже не будут знать, что известно науке, а что нет и какие проблемы надо решать. Замедлится прогресс.

Какие же пути предотвращения «информационного взрыва» уже сегодня вырисовываются?

Может быть, окружающий мир обладает ограниченной информацией и рост наших знаний не будет следовать экспоненте и наступит естественный спад добываемой человечеством информации?

Однако это не так. По экспоненте растут не только знания, но и новые проблемы, которые порождаются этими знаниями. Сейчас эти проблемы, при решении которых обязательно возникает ряд новых, называют фундаментальными.

Природа бесконечно разнообразна. Исаак Ньютон эту мысль выразил очень красиво: «Природа неистощима в своих выдумках». И действительно, заглянув ли

в бездонный атом или в бескрайние просторы вселенной, мы всюду находим этому подтверждение.

Поэтому надежду на естественное затухание информационного потока следует оставить.

Может ли современная наука и техника помочь ученому или инженеру найти в нарастающем «информационном потоке» нужную журнальную статью или другую публикацию? Ведь, грубо говоря, именно в этом проблема — «Как найти?».

Как мы уже отмечали, человек способен воспринимать и усваивать информацию со скоростью, не превышающей заметно предел в 25 бит в секунду. Но ведь кибернетика «не даром ест хлеб»! Один из ее главных плодов — быстродействующие электронные вычислительные машины (ЭВМ). Скорость их работы перешагнула рубеж в 1 миллион бит в секунду. Они и должны принять на себя основную лавину информации, а человеку выдать только то, что ему нужно. (Конечно, все это может осуществить только союз ЭВМ с «глобальной» системой связи.) Как будто все очень просто, но...

Одна из основных трудностей заключена в том, что люди и машины разговаривают на разных языках — у нас буквы, у них цифры, наш алфавит содержит 32 буквы, их алфавит содержит только 2 буквы, точнее, только две цифры: 0 и 1.

Все наши источники информации — статьи, книги, отчеты — написаны и пишутся «человеческим» языком, а не машинным. Поэтому, чтобы использовать колоссальную память ЭВМ и их способность почти молниеносно находить то, что нужно, следует перевести информацию на язык машин. И это только полдела. Ведь информацию потребителю надо выдать снова на человеческом языке.

Ближайший шаг в реализации этих возможностей состоит в оснащении наших библиотек ЭВМ и в замене существующих каталогов электронно-справочными машинами, которые смогут и полнее и быстрее помочь читателю.

На меня обычно нападает безысходная тоска и усталость, когда мечешься в течение нескольких часов от систематического каталога к алфавитному, от него к предметному, затем к генеральному и еще двум-трем вспомогательным каталогам, перебираешь сотни карточек в полумраке (такова странная традиция библиотек)

и так и не находишь нужной статьи. Скорей бы электроника шагнула в наши библиотеки!

Первые шаги уже сделаны и у нас, и за рубежом. Вот один из примеров. Библиотека конгресса США проводит частичную автоматизацию каталога.

Комплекс цифровых вычислительных машин будет подбирать и вести учет литературы, осуществлять ее каталогизацию, следить за ее использованием и, главное, отвечать на запросы читателей более полно, чем традиционный каталог. Читательский пульт будет иметь клавиатуру для кодирования запроса, ответное выходное устройство типа телевизионного экрана и устройство для получения копии ответа с экрана. Читатель не только прочтет на экране необходимые ему сведения о разыскиваемой публикации, но и может взять с собой их копии. Таких пультов проектируется 200. Значит, автомат-каталог «спокойно» (кавычки оттеняют тот факт, что много миллионов бит будет при этом вихрем проноситься по «жилам» ЭВМ) может одновременно вести беседу с 200 читателями.

Директивы девятой пятилетки предусматривают разработку целого комплекса технических средств на базе интегральных схем для автоматизации процессов регистрации, сбора, хранения и обработки информации. Плановость социалистического хозяйства позволяет реализовать эти средства в широком масштабе.

В мировой печати усиленно обсуждаются и более дальние шаги в борьбе с информационным взрывом.

Один из них ставит под сомнение традиционный метод накопления и запоминания информации с помощью журналов, книг и других печатных документов. Согласно этой идее вся информация, записанная электронными запоминающими устройствами, микрофильмами и другими экономными средствами, хранится в библиотеках нового типа, где нет читателей и почти нет людей вообще. Послав запрос, скажем, по видеотелефону, вы сможете у себя дома на экране читать интересующую вас статью и даже книгу. Оперативное запоминающее устройство позволит повторять текст и снимать с него копию.

А как же жить без книг? — спросит читатель. Любимую книгу иногда просто хочется полистать еще раз, положить под подушку, взять с собой в командировку или засунуть в рюкзак, отправляясь в горы.

Согласен, что сейчас нам это кажется невозможным и кощунственным. По-видимому, в будущем будет найдено некое сочетание новых и старых методов хранения и передачи информации, и книге в нем все же будет отведено заслуженно почетное место.

Таким образом, опасность приближения «смутного времени» в земной науке, когда из-за избытка информации будет потеряна связь между отдельными учеными и коллективами, явно преувеличена.

Во-первых, на помощь человеку уверенно шагает армия быстродействующих и даже сверхбыстродействующих ЭВМ.

Во-вторых, как учит нас история, экспоненциальный рост каких-то показателей обычно нарушается при изменении условий, в которых он происходил. Так, например, рост числа лошадей на земном шаре происходил в прошлом веке по экспоненте. Это грозило в XX столетии превратить все население в «конюшенные кадры», так как число животных должно было превысить 10 миллиардов. Но этого не случилось, к счастью: железная дорога, автомобиль и самолет спасли нас.

Сейчас аналогичная ситуация складывается в некоторых больших городах Запада с автомобилями. Если число автомашин будет расти по экспоненте, то это приведет к полному закупориванию транспортных магистралей городов и бесславной гибели их жителей от выхлопных газов. Очевидно, скоро экспонента начнет переходить в более плавную кривую. Например, на днях в газете промелькнуло сообщение, что в Нью-Йорке усиленно рекламируется и стало очень модным ездить на... велосипедах (маленькие габариты и никаких газов, скорость с учетом «пробок» почти та же плюс полезная физическая нагрузка!).

Для успешного развития земной науки, по-видимому, не обязателен экспоненциальный рост информации. Даже простое линейное ее возрастание не так уж плохо. Особенно если применить жесткую предварительную фильтрацию информационного потока и исключить многие повторения, компиляции и всякие публикации, не несущие новых результатов, и т. д.

Подведем итоги. Надвигающийся «информационный взрыв» пока выражается в непрерывном увеличении информационного потока. В будущем он тоже будет расти, но, вероятно, не столь резко, не по экспоненте, а

по более плавной кривой. Широкое внедрение ЭВМ в информационно-справочную службу, фильтрация информации и ряд других мероприятий позволит справиться с таким нарастанием информации и не допустить извержения информационного вулкана, хотя клокотать он будет все время, пока будет существовать наша цивилизация.

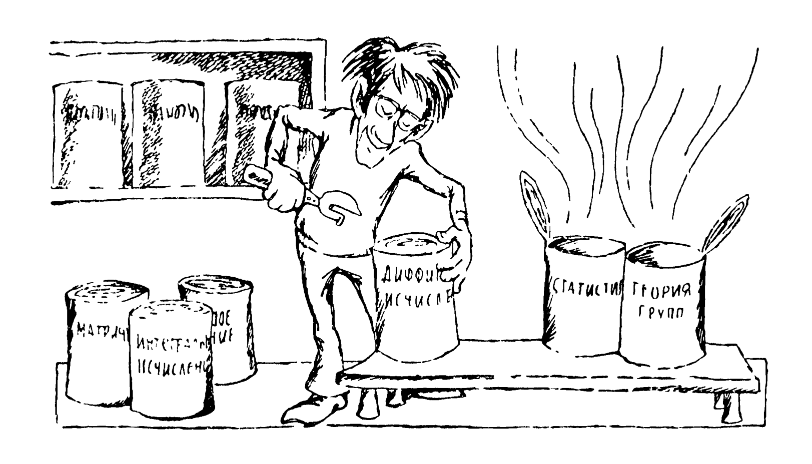
Теперь разберем, какую роль будут играть системы передачи информации в гашении или ослаблении «информационного взрыва».

* * *

Увеличение глобального потока сообщений, разговоров, публикаций неизбежно требует увеличения пропускной способности средств связи и увеличения достоверности передаваемой информации (повторять текст нет времени!). Но это еще не все. Средства связи позволят активно «бороться» с нарастающим потоком информации и высвободят дополнительное время и силы человека для творческого труда.

Сейчас научный работник в поисках нужной статьи или других материалов тратит изрядное время: роется в каталогах одной, а чаще нескольких библиотек, перерывает собственную библиотеку, опрашивает специалистов, работающих в той же области (по телефону или путем визитов), запрашивает патентную службу и т. д. Один исследователь так описал свои информационные муки: «Работаю китом, добывая из моря воды всякую питательную мелочь, планктон». Обессилев на этом пути, часто ищущий пытается сам, пренебрегая результатами своих собратьев по оружию, решить задачу или даже проблему.

Теперь представим себе картину будущего. На своем рабочем месте (и даже дома) вы имеете телевизионную установку для просмотра интересующих вас материалов. Позвонив по видеотелефону (то есть используя не только голос, но и мимику, и жесты, и показывая некие материалы) в Центральную информационную службу и объяснив, что вас интересует (без всякого заполнения листков запроса в трех экземплярах), или просто набрав по телефону код интересующего вас вопроса, вы почти тотчас благодаря сверхбыстроногим битам в ЭВМ



и отличной системе связи получаете на экране исчерпывающую справку и по желанию тут же просматриваете выбранные из нее материалы. Вот и получилась экономия времени, сил и, конечно, государственных средств на решение научного или технического вопроса.

Для неискаженной передачи большого потока информации предприятиям, институтам, заводам, частным домам нужны очень широкополосные, быстродействующие (десятки и сотни миллионов бит в секунду) каналы связи. Если говорить о передаче в пределах одного города — в пределах прямой видимости, — то тут могут быть использованы метровые, сантиметровые и даже миллиметровые волны и оптическая связь. Как мы уже отмечали, эти диапазоны чрезвычайно емки, и в них можно разместить тысячи и сотни тысяч даже телевизионных каналов.

Эти волны (мы об этом говорили) не хотят огибать Землю и бежать за пределы прямой видимости. На выручку пришли спутники. Пределы прямой видимости со спутника гигантские, они охватывают до трети поверхности земного шара. Поэтому, разместив УКВ-передатчик на спутнике, мы можем слать через него большие потоки информации на всю видимую с ИСЗ поверхность.

Для охвата системой передачи всей планеты нужно несколько таких спутников минимум три. Снабдив их ретрансляторами и наладив каналы связи «Земля — спутник», «Спутник — Земля» и «Спутник — спутник»,

мы получим всемирную систему связи, способную передавать гигантский поток информации. Она может решать задачи и связи, и вещания.

Построение такой системы требует решения ряда задач. Так, для приема сигналов спутника типа «Молния» требуется параболическая антенна диаметром более 20 метров, следящая за движением спутника по орбите. Приемная установка с такой антенной принимает сигнал со спутника и через обычную местную систему связи ретранслирует его потребителям.

Ясно, что массовым средством связи такая система служить не может. Для ее упрощения и удешевления, чтобы каждый потребитель мог непосредственно принимать информацию со спутника, необходимо увеличить мощность передатчика на спутнике. Сейчас она составляет для «Молнии» 40 ватт. Чтобы принять сигналы со спутника на простую домашнюю антенну, необходимо увеличение мощности бортового передатчика в добрую сотню раз. Поэтому на смену солнечным батареям, от которых питается «Молния» и другие ИСЗ, должны прийти новые, более мощные источники питания.

Наиболее перспективными, по-видимому, являются ядерные бортовые источники электроэнергии.

Но даже при мощности бортового передатчика в несколько киловатт потребуется некоторая модернизация домашнего телевизора и его антенны, чтобы он мог успешно принимать сигналы с ИСЗ, парящего высоко в небе, на расстоянии от приемника в тысячи и десятки тысяч километров. Дело в том, что для возможно лучшего использования мощности бортовых источников или, что то же самое, для создания максимального превышения сигнала над помехами в месте приема, передачу с ИСЗ надо вести на более высоких частотах, чем в обычной сети телевизионного вещания, и применять более эффективные методы погрузки сигнала на радиоволну. Поэтому приемная антенна должна быть настроена на другие частоты, а на вход приемника включена приставка для преобразования сигнала ИСЗ в обычный.

Исследования и разработки, связанные с созданием системы такого прямого телевизионного вещания, ведутся в ряде стран. Так, по данным ЮНЕСКО, в США предполагается запуск спутника АТС-Ф, на котором будет установлена аппаратура прямого цветного телеви-



зионного вещания. Для приема этих экспериментальных передач будет выпущено несколько сот специальных приемников. В отличие от систем вещания в системах связи немалые трудности вызывает проблема кодирования сообщений. Ведь надо, чтобы сообщение, пропутешествовав в космосе, нашло своего корреспондента за тридевять земель. Это легко сделать, когда отправителей и получателей мало. А когда их тысячи или сотни тысяч, когда они размещены по всей планете и хаотически «разбросаны» по времени работы, то решение проблемы вызывает большие трудности. Однако методы теории информации и кибернетики позволят решить и эту проблему.

Таким образом, имеется принципиальная возможность организовать информационно-справочную службу не только для отдельных стран, но и единую службу для всей планеты. Применяя все те средства, о которых мы говорили выше, и располагая спутниковыми глобальными системами связи, можно успешно бороться с грозной экспонентой.

Но не только научным работникам эти системы связи сослужат службу. Каждый житель планеты получит возможность легко и быстро устанавливать связь друг с другом. Видеотелефон (городской, междугородный, международный, космический) позволит легко общаться людям, исключив многие поездки, визиты, переписку

и т. д. Всемирное телевидение даст полноценную информацию о событиях на планете, поможет быстро изучать языки, улучшит понимание культуры других народов. Всемирная библиотека позволит...

Широкое развитие получит так называемая персональная связь. Карманный приемопередатчик размером со спичечную коробку, а то и меньше позволит держать связь между сотрудниками предприятий, заводов, участниками экспедиций, не требуя привязки к телефону. Одновременно эти спичечные коробки позволят через ближайший пункт связи подключаться буквально на ходу к глобальной системе связи. В свою очередь, глобальная система связи, разыскивая нужного абонента, подаст сигнал вызова на карманный приемник и пригласит его владельца к ближайшему телефону или будет держать с ним связь через ближайший наземный узел радиосвязи. Все это тоже даст экономию времени и будет способствовать повышению эффективности труда.

Таким образом, в ближайшие десятилетия на базе глобальной спутниковой системы связи и местных локальных систем возникнет, по-видимому, единое информационное поле вокруг нашей планеты. В отличие от природного магнитного поля, неподвластного (пока!) человеку, оно будет послушно его творцу и будет успешно «расфасовывать» вулканический поток информации на мелкие дозы и выдавать ее каждому по желанию и потребности. Большой вклад в это дело внесет уже разрабатываемая в Советском Союзе единая автоматизированная система связи страны, намеченная Директивами XXIV съезда КПСС.

* * *

Систему связи нашей планеты в будущем можно наглядно себе представить в виде системы гигантских рек, по которым текут потоки информации из одной страны в другую, из одного города в другой. Разветвляясь, рукава этих рек будут охватывать все населенные пункты, а отдельные ручьи будут заходить в каждый дом, в жилище каждого человека планеты. Это будут достаточно мощные информационные потоки. Но самое главное — хозяин жилища сможет легко регулировать их силу и их содержание.

Сейчас, въезжая в новый дом, новоселы тут же про-

веряют подачу электроэнергии, воды, газа (телефон, радио и телевизор появляются обычно позже). В будущем на одном из первых планов будет обеспечение жилища... информацией. Может быть, это будет отдельная комната, оснащенная встроенными в стены большими телевизионными экранами, размер изображения на которых можно будет по желанию делать и больше и меньше натурального. На них с помощью объемного, цветного и ароматического изображения вместе с стереофоническим звучанием будет воспроизводиться желаемая информация (не исключено и воздействие на остальные два чувства человека — осязание и вкус). Таким образом, будет достигнут эффект присутствия и высокоэффективное восприятие информации.

Информация в эти узлы связи будет поступать по волноводам и световодам, которые способны будут пропускать колоссальный поток различных сведений. Эти ручьи информации, обильно текущие в жилища, очень помогут человеку: они избавят его от траты времени и сил на поиск нужной информации, исключат значительную часть поездок внутри города, в другие города и страны.

Но наиболее существенное влияние, как мне кажется, они окажут на систему обучения.

Во-первых, укрепятся и усилятся позиции заочного образования. Появится возможность дома, не тратя времени на переезды, прослушивать лекции весьма квалифицированных специалистов по любому предмету и в любое время, да еще с эффектом присутствия на лекции. Эти лекции будут заранее записаны и готовы к воспроизведению по запросу. Первые шаги в этом направлении уже сделаны — наша промышленность осваивает выпуск приставки к телевизорам для «проигрывания» пластинок с видеозаписями. Следовательно, если на эти пластинки записать курс лекций, то это будет отличное пособие для заочников и самостоятельно изучающих тот или иной предмет.

Во-вторых, число «неконсервированных» лекций, то есть лекций обычного типа, в очных учебных заведениях заметно уменьшится, так как будут широко использоваться «консервы» — записи лекторов самой высокой квалификации.

Но это все, конечно, не самое главное. Подлинная

революция наступит при подключении к информационным рекам и ручейкам обучающих ЭВМ.

Хорошо известно, что наилучший эффект обучения имеет место, если квалифицированный педагог занимается индивидуально с обучаемым. Тут и индивидуальный выбор темпа обучения в зависимости от способностей обучаемого, и непрерывный контроль за усвоением материала, и подбор наиболее подходящей методики для данного ученика. Реализовать эти преимущества при современной системе и массовости обучения молодых обитателей планеты нет возможностей. Наш «конвейер» обучения вынужден ориентироваться на пресловутого «среднего» по способностям учащегося. Поэтому часто видишь скучающего на лекции способного студента, который вполне успевает и записывать, и усваивать материал, и одновременно читать детективный роман, и растерянного слабого студента, который, махнув на понимание материала рукой, едва успевает его записывать.

При чтении лекции большой аудитории практически теряется двусторонняя связь в системе «преподаватель — студент». Редкие практические занятия и экзамены не позволяют непрерывно контролировать степень усвоения материала студентами, а на лекции это и подавно нельзя осуществить.

Некоторым шагом вперед явилось введение автоматических экзаменаторов, на которых студент может проверять свои знания.

Специальным образом запрограммированная ЭВМ может вести индивидуальное, или так называемое адаптивное, обучение одновременно десятков и сотен студентов со значительно большим к.п.д. Сроки обучения при этом могут быть сокращены в два и более раз, высвобождая время для изучения последних достижений науки и, следовательно, сглаживая информационный взрыв.

Наблюдающееся в последнее время несколько прохладное отношение к идее использования ЭВМ для обучения связано, как мне кажется, с тем, что пока не создано машин, способных вести настоящее адаптивное обучение, и не разработаны удовлетворительные программы такого обучения. Но это все, несомненно, будет.

Не следует думать, что ЭВМ полностью заменят

педагогов. Отнюдь нет! Общение живым, а не машинным словом, обучение умению передать свои знания другим — тут не обойтись без людей. Педагоги останутся, но будут выполнять более ответственную и более квалифицированную работу: составлять и совершенствовать программы адаптивного обучения, контролировать «плоды» своих программ, дополнять то, что не может дать никакая ЭВМ.

Таким образом, богатое информационное поле планеты, созданное с помощью спутников-ретрансляторов в обязательном союзе с наземными широкополосными системами связи и соединенное с электронными фабриками знаний, позволит заметно ускорить обучение, производить его в основном дома, без затраты времени и сил на переезды.

Самообразование станет очень популярным. Заинтересовавшись некой проблемой или вопросом, вы набираете на небольшом простом домашнем кнопочном пульте номер (код) этой проблемы и можете тут же увидеть и услышать на своем телевизоре вводно-обзорную лекцию-беседу на эту тему. Если вы пожелаете досконачльнее изучить вопрос, то ЭВМ может также взять на себя обучение. Но тут уж вам придется интенсивно поработать, а не дремать, как это бывает иногда сейчас на лекциях. ЭВМ будет логично подавать материал и обучать вас, но усвоение каждой полученной дозы информации будет строго контролироваться. Машина будет безжалостно задавать вопросы и задачи, а вам придется отвечать и решать. Движение вперед будет только после усвоения предыдущего (сейчас это далеко не так!). Темп обучения будет зависеть от ваших успехов, от ваших способностей и, конечно, желания.

* * *

Триумфом техники передачи и приема сообщений, теории информации, кибернетики и радиоастрономии будет, несомненно, установление радиоконтакта с внеземными цивилизациями. Даже просто прием землянами «разумного» сигнала, то есть сигнала, который не может возникнуть естественным путем, даже без разгадки его смысла станет вехой в истории нашей цивилизации.

Человек узнает, что он не одинок, что человечество не уникально, что окружающий космос населен!

Если это сбудется, то молодежь лавиной хлынет в «контактные» науки. А ими окажутся не только передача сообщений, кибернетика, радиоастрономия, но и биология (зарождение и эволюция жизни), социология и прогностика (пути развития цивилизаций), лингвистика (расшифровка их посланий).

Если же по их сигналам и посылаемым ими упражнениям будет разгадан их язык, если будут прочтены их письмена и воспроизведен их облик и образ бытия на экране земного телевизора (хотя бы черно-белого), то это «окажет существенное влияние на дальнейшую судьбу нашей цивилизации».

Последняя строка просто переписана из решения первой советско-американской конференции по проблеме контакта, которая состоялась осенью 1971 года в Бюраканской астрофизической обсерватории (Армянская ССР).

Конференция констатировала, что успехи земной науки и техники за последние десятилетия создают достаточную базу для начала атаки на эту волнующую всех и каждого проблему.

Из всех возможных путей контакта реальным выглядит контакт путем передачи информации на одном из возможных носителей — радиоволна, луч лазера, рентгеновские колебания и т. д.

Сегодня земляне еще бедны энергией, поэтому громко заявить о себе миллионам звезд мы пока не можем. Наше «а-ууу!» сможет долететь только до ближайших звезд, и шансы напасть на разумную звезду очень малы, хотя и не равны нулю. Сегодня наш удел — шарить по небу радиотелескопами и искать сигналы, которые шлют в нашу галактическую глушь цивилизации, ушедшие далеко вперед. А может, этих сигналов нет и не будет? Может, некому их слать?

Современная наука твердо стоит на позиции неуникальности земной жизни. Сигналы должны быть!

Миллиарды миллиардов звезд окружают нас. Многие из них имеют планетные системы. Великое разнообразие условий на этих планетах исключает возможность возникновения и эволюции жизни до разумной (по нашим земным критериям, во всяком случае) только у одной счастливой звезды — Солнца и только на одной из ее счастливых планет — Земле. Большое разнообразие в судьбах звезд, в том числе и по времени

длительного устойчивого состояния, наиболее благоприятного для длительной эволюции, должно приводить к одновременному существованию цивилизаций разного уровня. Наряду с цивилизациями нашего типа должны существовать сверхцивилизации, давно покончившие с нашими «пятнами»: войнами, эксплуатацией, болезнями, пьянством — и далеко ушедшие по пути прогресса. Естественно предположить, что они должны протянуть руку помощи своим братьям и сестрам по разуму. Эта рука и есть тот электромагнитный корабль, набитый информацией, который нам необходимо обнаружить и пришвартовать к своей планете.

Скептики, возможно, скажут, что толку нам в этой информации немного. Ведь мы ее не поймем, а если и поймем, то не сможем использовать!

Я считаю, что информация — это неизмеримо больше, чем, скажем, некие предметы, полученные из другой цивилизации.

Всемогущество информации хорошо проиллюстрировал А. Кларк в своей книге «Черты будущего». Он высказал возможность мгновенной передачи материальных предметов из одной точки пространства в другую с помощью только информации, да, да, только информации. Ведь любой предмет есть не что иное, как структурное объединение в определенном порядке определенного числа атомов и молекул. Следовательно, если удастся эту информацию «прочитать» в одной точке пространства и передать в другую, то остается только восстановить по этой информации исходную структуру — и материальный предмет окажется перемещен в пространстве. Такой восстановитель назван репликатором, то есть повторителем: он повторяет передаваемый предмет в точке приема. Можно не согласиться с А. Кларком в том, что широкое применение репликаторов когда-нибудь позволит заменить промышленное производство товаров, исключить их перевозки и т. д. (Ведь достаточно будет размножить первый экземпляр репликатора с помощью его самого и «разбросать» эти копии по всем потребителям, и проблема производства решена.) Но сама идея, безусловно, заслуживает внимания, особенно в случае обмена информацией между разными цивилизациями, где другие возможности передачи материальных предметов могут принципиально отсутствовать.

Разработка теории и аппаратуры таких систем связи хотя бы для самых примитивных случаев мне кажется чрезвычайно увлекательной задачей. Хочется обратить на нее внимание нашей молодежи, ищущей точку приложения своим дерзаниям, своим силам, еще не скованным традиционными методами решения задач.

Что касается возможности понять друг друга, то наличие разума на обоих концах информационного моста и единство физических законов во вселенной (хотя и с некоторыми оговорками, которые мы здесь опускаем) создают предпосылки и для обучения, и для понимания передаваемой информации.

В упомянутой книге А. Кларк делает прогнозы по основным этапам освоения космоса. Но жизнь уже внесла коррективы. Так, высадка на Луну людей осуществлена на несколько лет раньше, чем им было намечено. А. Кларк называет и примерную дату установления контакта с внеземными цивилизациями — 2030 год.

Мне кажется, что и эту дату жизнь также приблизит к нашим дням, особенно если иметь в виду начавшееся сотрудничество двух самых передовых в научном и техническом отношении стран — СССР и США.

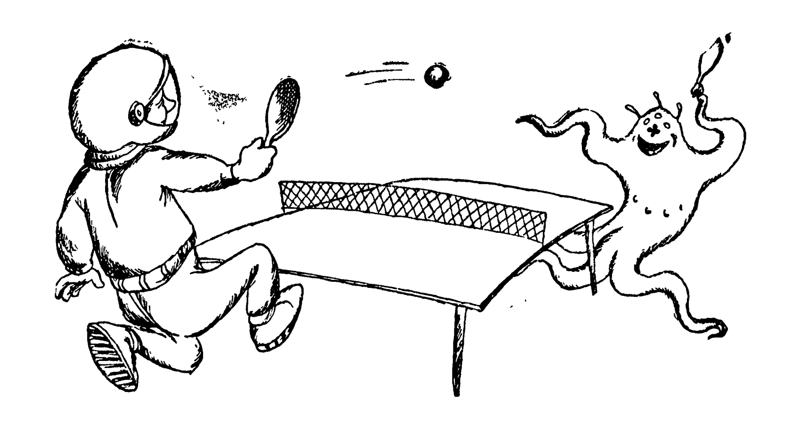
Наряду с поиском сигналов других цивилизаций важное значение для всей проблемы «Жизнь и Разум во вселенной» имеет обследование планет солнечной системы. Это позволит установить, есть ли какие-либо формы живой материи под Солнцем, кроме имеющихся на третьей планете.

На решение этой задачи и ряда других нацелены усилия по освоению космоса в СССР и США. Так, в американских планах говорится:

«Высадка на Марс: 1981—1983 гг.

1. Старт с околоземной орбиты 12.II. 1981 г.
2. Прибытие на Марс 9.08. 1982 г.
3. Вылазка на Марс.
4. Старт с Марса 28.10.1982 г.
5. Пролет мимо Венеры 28.02.1983 г.
6. Возвращение на Землю 14.08.1983 г.».

Записано кратко, но очень волнующе. Там же мы находим планы полета беспилотных космических кораблей к остальным планетам — Юпитеру, Сатурну, Урану, Нептуну, Плутону.



К концу текущего столетия будут обследованы все планеты нашей системы и будет дан ответ на вопрос о существовании или отсутствии жизни на них.

И эту фундаментальную информацию доставят нам в основном неутомимые биты. Для этого им придется преодолеть многие миллиарды километров космических дорог, пронизывать гигантские скопления космической пыли, пересекать радиационные пояса, вступать в единоборство с излучениями космических тел... Под силу ли это нашим битам? С уверенностью можно сказать — да, ибо их направляет разум.

* * *

Подведем некоторый итог всего рассмотренного.

Поток научной информации, и не только научной, действительно быстро нарастает во времени. Эта лавина стремительно увеличивается по экспоненте, и мы уже вышли на ее круто вздымающийся участок. Если научные результаты удваиваются за время порядка десяти лет, а в некоторых важных направлениях даже за два-три года, то поток научной информации удваивается значительно быстрее.

Все эти источники информации породили у некоторых прогнозистов Запада мрачный образ огнедышащего вулкана. Мы с вами, читатель, побывали там. Есть ли реальная угроза всесокрушающего извержения этого вулкана?

Надо прямо сказать — да, есть! Но с одной весьма существенной оговоркой: если лавина информации будет так же продолжать нарастать по экспоненте, или, как любят говорить математики, если экспонента будет продолжать работать, а земляне будут продолжать овладевать этой информацией теми же способами, что и сегодня.

Но пророки «последнего дня Помпеи» упускают одну существенную деталь — всякое сообщество живых существ, а тем более разумных, грубо говоря, являет собой сложную кибернетическую систему с обязательным саморегулированием, со способностью адаптироваться к новым условиям существования. В данном случае новым условием существования является все нарастающее клокотание информационного вулкана. Конечно, если кибернетическая система слишком медленно регулирует свои параметры по сравнению с темпом изменения условий и не успевает адаптироваться, то она выходит из строя, она перестает работать, она ломается.

Как следует из всего нашего рассмотрения, у нас нет оснований считать, что люди будут слишком медлительны, слишком ленивы в обуздании вулкана. Эта борьба, эта работа уже начата. Она идет по нескольким направлениям, и намечен ряд путей, по которым она пойдет в ближайшем будущем.

Во-первых, это обуздание самого вулкана. Вполне понятно, что приостановить нарастание потока информации равносильно тем же сумеркам цивилизации, о которых мы говорили. Но ниоткуда не следует, что этот поток должен во все времена нарастать по экспоненте. История свидетельствует, что экспоненциальный рост того или иного показателя нарушается при изменении условий, в которых он происходил. Мы разбирали пример с «лошадиной»-экспонентой. Нечто подобное скоро произойдет и с «автомобильной» экспонентой.

Некоторые пути сокращения излишней информации мы называли. Это публикация только действительно достойных материалов (новизна, четкость, краткость). Исключение всяческих повторений, пересказов, компиляций, плагиатов. Переход на публикацию не статей, а только их кратких резюме (с возможностью запроса полного текста желающими).

Все большее «гашение», или «стирание», информации, ставшей излишней, с помощью так называемой отрица-

тельной информации, или, как ее называют, негоэнтропии. Последнее поясним примерами.

Открытие закона всемирного тяготения Ньютоном принесло колоссальное количество негоэнтропии — позволило пользоваться единым законом движения небесных тел, и к тому же очень простым, а не держать в голове и таблицах траектории их движения.

Открытие Д. Менделеевым периодического закона химических элементов устранило существовавшую до этого их разобщенность. Из таблицы Менделеева следовало, что свойства элементов находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов. Эта простая таблица позволила легко определять свойства элементов и даже предсказать еще не открытые. Отпала необходимость хранить подробные описания свойств известных к тому времени 63 элементов и можно было забыть много вариантов классификации элементов, ставших ненужными после открытия Д. Менделеева.

Всякий раз, когда человек объединяет разрозненные предметы в один класс, находит между ними связи, унифицирует их, он уменьшает количество информации, связанное с этими объектами. Стремительное развитие науки, несомненно, будет открывать и устанавливать все новые и новые связи материального мира и тем самым сдерживать наш бушующий вулкан.

Во-вторых, на помощь человеку, потребителю информации, придут системы, состоящие из широкополосных каналов связи, с очень высокой достоверностью передачи и быстродействующих ЭВМ. Не надо будет просматривать сотни журналов, рыться в многочисленных каталогах, запрашивать десятки отчетов и тезисов конференций, симпозиумов и коллоквиумов. Все это сделают справочные машины по кодированному запросу, набранному по телефону, и по каналу связи доставят вам. Одновременно может быть сделан машинный перевод (надо признаться, что пока он «горбатый», плохой, но это только пока!) с одного языка на другой.

Не за горами время, когда на нашей планете будет создана глобальная система связи, включающая ретрансляторы, размещенные на ИСЗ. Такая система откроет колоссальные возможности быстрого контакта с нужной информацией: всемирный видеотелефон, всемирное телевидение, всемирная газета (с экрана своего

телевизора вы сможете нажатием кнопки получить ее копию), всемирная справочная служба, в том числе и научная и т. д. Все это высвободит много времени для настоящей творческой работы, для лучшего освоения непрерывно накапливаемой человечеством информации.

В-третьих, это улучшение возможностей человека по усвоению информации. Здесь основная проблема в том, как разрешить противоречие между медленностью ввода информации в мозг человека и огромными резервами памяти, которые за всю его жизнь используются лишь в незначительной степени.

Первые попытки ускорить ввод уже делаются. Это так называемое скорочтение. Сюда же примыкает и гипнопедия, при которой ввод информации, правда, не ускоряется, зато увеличивается за счет сна время ввода. В печатных изданиях будут найдены, вероятно, новые сочетания текста, иллюстраций, схем и чертежей, которые значительно ускорят ввод информации.

Но, конечно, кардинально решить проблему удастся лишь в том случае, если будет найден способ ввода информации в мозг, минуя традиционные органы слуха и зрения. Перед людьми тогда откроются новые колоссальные возможности усвоения знаний и сведений о текущей жизни. Например, по некоторым подсчетам один человек может вместить все богатство библиотеки имени В. И. Ленина у себя в голове. Можно подумать: а зачем, мол, всю эту информацию таскать в голове. Это, может быть, даже вредно. Но ведь доказано, что раскрытие творческих способностей личности пропорционально накопленным до некоего предела знаниям.

И наконец, в-четвертых, нарастание информации требует коренной перестройки системы образования. Создание широкополосных систем связи с заходом в каждый дом сделает весьма популярным заочное образование и самообразование по любому вопросу. Огромные домашние экраны объемного, цветного, стереофонического телевидения с полным эффектом присутствия на лекции, с возможностью подключаться к любым лекционным залам мира либо проигрывать законсервированную на пластинке видеозапись лекций знаменитых уче-

ных и педагогов обеспечат усвоение любых знаний с любой степенью глубины и прочности.

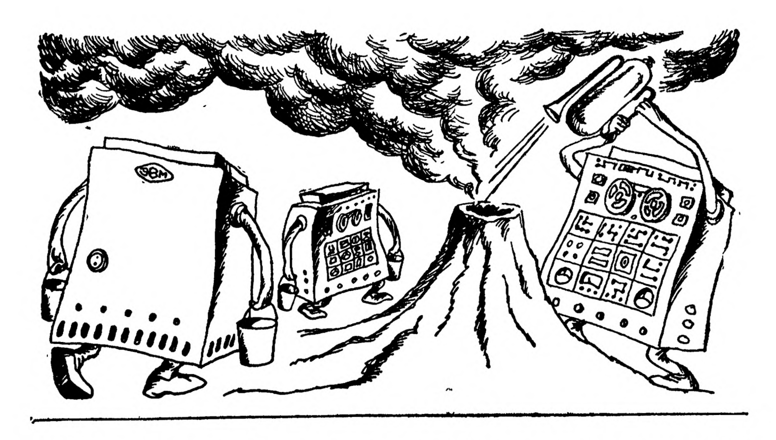
Но, как ни заманчивы эти методы обучения, на смену им придет адаптивное обучение. На помощь педагогам придут совершенные ЭВМ. Это будут идеальные индивидуальные учителя, которые не пойдут дальше, пока вы не усвоили предыдущее. Они будут контролировать вас вопросами, задачами и по ответам на них и просто по вашим эмоциям судить о готовности вашей усваивать новое. Первые такие контролеры — назовем их детекторами знаний — уже испытываются. Темп обучения учащихся будет определяться их способностями и желанием познать новое. Сегодня мы, к сожалению, не можем перейти к методу индивидуального обучения и вынуждены ориентироваться на пресловутого «среднего» ученика, студента, слушателя. Такая уравниловка резко снижает эффект обучения. Адаптивное обучение позволит, как показывают некоторые исследователи, сократить срок обучения почти вдвое. Это создает дополнительные резервы времени для освоения новых, нарастающих достижений науки.

Не нужно, конечно, думать, что студент будущего — это некий узник ЭВМ. Адаптивное обучение будет оптимально сочетать и живое слово, и упомянутые выше возможности глобальной системы связи, и четкий контроль знаний, и выдачу следующих порций их с помощью ЭВМ.

Эта же система адаптивного обучения поможет молодежи правильно выбрать профессию по своему призванию. Ведь сегодня это часто решается случайно. Я не раз задавал студентам вопрос: почему они поступили именно в данный вуз? Ответы разные: потому что приятель сюда поступал, потому что рядом живу, потому что здесь меньший конкурс и т. д. И очень небольшой процент абитуриентов идет потому, что увлеклись этой специальностью.

Адаптивная ЭВМ сумеет увлекательно рассказать о разных профессиях, и не только рассказать, но серией тестов и упражнений подсказать, в каких областях знаний способности данной личности максимальны и какое направление глубоко волнует ее.

Это в конечном счете тоже даст и дополнительное время, и способности для единоборства с наплывающим потоком информации.



Конечно, рассмотренные четыре направления укрощения вулкана далеко не исчерпывают всех возможностей (многое сегодня нельзя еще предвидеть).

Например, мы совершенно не касались обратного воздействия вулкана на устную и письменную речь людей. А такое воздействие, несомненно, будет. Признаки его уже появляются (ограничение объема статей и книг, ограничение времени докладов и выступлений по ним и др.), а в будущем это воздействие проявится в полную силу. Результатом его будет повышение информативности устной и письменной речи: ту же информацию можно будет сообщать в несколько раз меньшим количеством слов. Уже видны два пути к этому. Первый связан с увеличением общего запаса слов, которым пользуется говорящий или пишущий. Как показано К. Шенноном, чем больше ансамбль слов, из которого выбирается каждое слово, тем, оказывается, большую информацию несет это одно слово. А резервы здесь большие. Средний запас слов, которым сегодня пользуется землянин, по крайней мере, в 20 раз меньше, чем у В. Шекспира или А. Пушкина. Увеличив же его, мы сможем ту же информацию передавать меньшим в среднем числом слов.

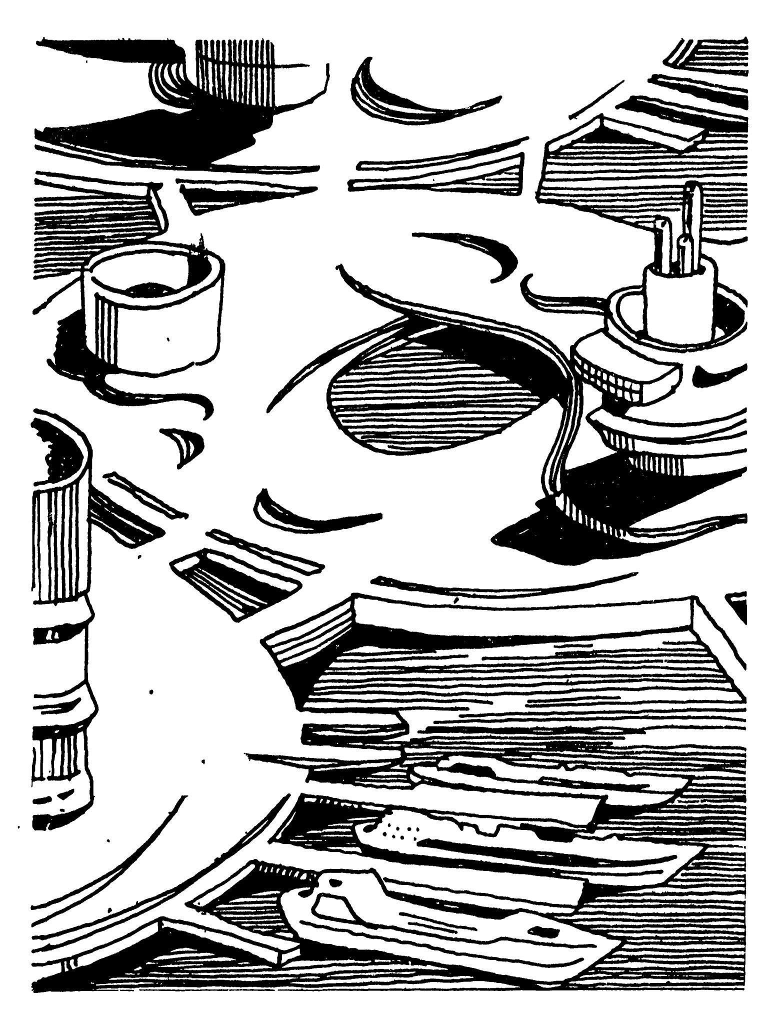
Второй путь более элементарен: необходимо обучать каждого народившегося землянина краткой и ясной и, конечно, красивой устной и письменной речи. Формула М. Ломоносова — «словам тесно, а мыслям просторно» — получит в будущем повсеместное применение. Плоды ее, несомненно, подточат силы вулкана.

Ведь сколько времени и сил будет сэкономлено у слушающих и читающих, не говоря уже об экономии бумаги!

Таким образом, пытаясь заглянуть в ближайшее будущее, во времена, прилежащие к рубежу XX и XXI столетий, нет оснований страшиться информационного взрыва, пугаться бомбежек мегабитовыми бомбами (информация в один миллион бит) и связанного с ним замедления развития цивилизации.

Прослеженные нами пути обуздания вулкана: машинный анализ информации, форсирование возможностей мозга, усовершенствование систем передачи информации и повышение эффективности образования вселяют уверенность, что коллективный гений человечества справится с этой задачей.

Более того, возможно, именно на рубеже этих столетий возникнет информационный мост с внеземными цивилизациями. К земным потокам информации добавится еще один — космический! Он поможет раскрыть великие тайны ушедших вперед цивилизаций, в том числе их опыт не только усмирения, но и оптимального управления своим информационным Везувием.



Академик И. В. Петрянов
рассказывает о проблеме
„Человек и окружающая среда"

●

В мире не найдется, наверное, газеты или журнала, которые не писали бы в последние годы о жестоком ущербе, который человечество наносит среде своего обитания — биосфере Земли. Может показаться, что общественный резонанс, вызванный все нарастающим загрязнением почвы, воды и воздуха, уже превзошел по масштабам саму проблему. Трудно было бы найти за все время существования цивилизации другой вопрос, вызвавший к себе столь обостренный и буквально всеобщий интерес, столь далеко идущие и порой полярно противоположные суждения.

«Если нынешние рост населения, индустриализация, загрязнение среды... и расхищение природных ресурсов будут продолжаться в тех же масштабах, то абсолютные пределы роста на Земле будут превзойдены в течение следующих ста лет... Это приведет к довольно быстрому и неудержимому снижению численности населения и производства», — заявляет американский профессор Д. Мидоуз, один из авторов книги «Пределы роста», получившей широкую известность.

Английский публицист защищает иную точку зрения: «Движение в защиту природы... причинило больше вреда, чем пользы... Опасность не более страшна, чем те, с которыми сталкивалось человечество в прошлом. Тиф и холера, страшные бедствия прошлого практически изжиты в Западной Европе. Дифтерия и туберкулез стали редким явлением. Разве эти примеры из истории не дают нам повода надеяться, что высокоразвитым странам удастся рационально и своевременно справиться с загрязнением природы, которое сейчас ужасает нас?»

Краски в этом споре все более сгущаются, высказывания политиков, ученых, журналистов приобретают порой апокалипсический характер. И мы все хотим ясно представить себе, обоснована ли эта тревога. Действительно ли положение так резко ухудшилось? Или просто человечество внезапно поумнело и задумалось над последствиями своей деятельности? А может быть, бесчисленные публикации с кричащими заголовками — всего лишь дань моде, а на самом деле никакой особой опасности нет?

Спору нет, у каждого века, может быть, даже у каждого поколения «свои» проблемы, и до сих пор человечество с ними справлялось довольно успешно, иначе жизнь на Земле давно прекратилась бы. Однако предаваться на этой основе самоуспокоению было бы неразумно.

Тревога, вызванная загрязнением среды, обоснована. За последние десятилетия положение ухудшилось. Да и мы теперь стали лучше представлять себе сложнейшие процессы, которые вызывает в биосфере наша деятельность. В этом смысле можно сказать, что человечество несколько поумнело. В достаточной ли степени — это вопрос другой, на него смогут ответить, видимо, наши внуки.

Не исключено, что есть люди, ведущие кампанию против загрязнения среды не по убеждению, а по другим — корыстным или каким-то иным мотивам. Но это не может принести вреда делу. Мода на выступления в защиту биосферы полезна, если вообще называть это модой. Независимо от личных мотивов такие выступления способствуют формированию общественного мнения, осознанию необходимости правильных решений по достаточно сложному вопросу.

* * *

Прежде всего нашу озабоченность состоянием биосферы совершенно неправильно пытаться сравнивать с любой «мировой проблемой» прошедших веков. Потому что ни одна из тех проблем еще не затрагивала состояния самого нашего мира, всей планеты, на которой мы живем, в целом, включая ее поверхность, недра, все живущее на ней, всю окружающую ее гидросферу и атмосферу.

Человечество уже воздействует на природу глобально: переустраивая сушу, создавая искусственные моря и реки, изменяя климат целых районов. Но было бы глубоким заблуждением считать, будто человек только тем и занимается, что приводит природу, пребывающую в состоянии первобытного хаоса, в более благопристойный вид. Преобразуя природу, человек пока еще вносит в нее гораздо бóльший беспорядок. Он нарушает равновесие, сложившееся в природе, и этот процесс есть обратная сторона цивилизации.

В живой природе идет непрерывный круговорот веществ и энергии, в нем принимает участие все живое на земле. Растения поглощают углекислоту, воду и минеральные вещества и, используя солнечную энергию, образуют углеводы и другие органические вещества, необходимые для их жизни. Вместе с тем они отдают в воздух свободный кислород. Этот процесс обогащения атмосферы кислородом идет уже непрерывно около двух миллиардов лет, и на земле нет другого источника кислорода. Биомасса, образованная растениями, служит пищей для травоядных животных. Травоядные животные становятся добычей хищников. А после гибели хищных животных их ткани распадаются и вещество в той или иной форме возвращается в биологический круговорот.

Таков великий замкнутый цикл жизни в природе. Все его звенья функционируют в непосредственной зависимости друг от друга. Человек есть одно из этих звеньев. И именно человек наносит теперь удар по всей этой идеально отлаженной системе.

Люди опустошают леса и нерестилища, допускают перелов, переруб, перевыпас и многие иные действия, для которых есть общий термин «перепромысел» (это промысел, нарушающий приходно-расходные балансы природы и подрывающий ее восстановительные силы).

«Мы наступаем на природу во всеоружии техники своего века, и этим можно гордиться, — прочел я в центральной газете. — Было бы смешно призывать сейчас к дедовским способам рубки леса или лова рыбы. Самолеты разведывают ее косяки в море, лов ведут флотилии сейнеров и траулеров, на леса движутся дивизии тракторов и бульдозеров, кусторезов и корчевателей, электропил и трелевочных установок. А природа? Она-то в ответ продолжает восстанавливаться лишь старозаветными, «бабушкиными» способами — чисто биологическими. Каково ей тягаться с нарастающей изобретательностью и технической вооруженностью добытчиков и обидчиков?»

Горькие, но совершенно справедливые слова. Но означает ли это, что научно-технический прогресс есть ошибка на столбовой дороге человечества, что он неизбежно грозит катастрофой? Ошибка или, может быть, неизбежная трагедия?

Существует, по крайней мере, два полярных ответа на поставленный вопрос. Есть сторонники курса на «упрощение» и сторонники курса на «усложнение».

Сторонники упрощений говорят: мы поступаем плохо, давайте не делать этого. Давайте вернемся к добрым старым временам. К лошадям вместо автомобилей. К деревням вместо городов. Будем жить в домах без бетона и кирпича, без лифтов...

Достижения человечества столь бесспорны, что со сторонниками такой точки зрения даже неудобно всерьез спорить, достаточно лишь напомнить о том, что научно-технический прогресс (и сопутствующий ему рост культуры) дал огромному числу людей разнообразную и питательную пищу, гигиеничную одежду, кров, возможность интеллектуального развития. Что болезни, веками преследовавшие человека, во многом побеждены, что научная медицина (и медицинская промышленность, а это одна из отраслей техники) уже продлила человеческую жизнь на десятилетия.

* * *

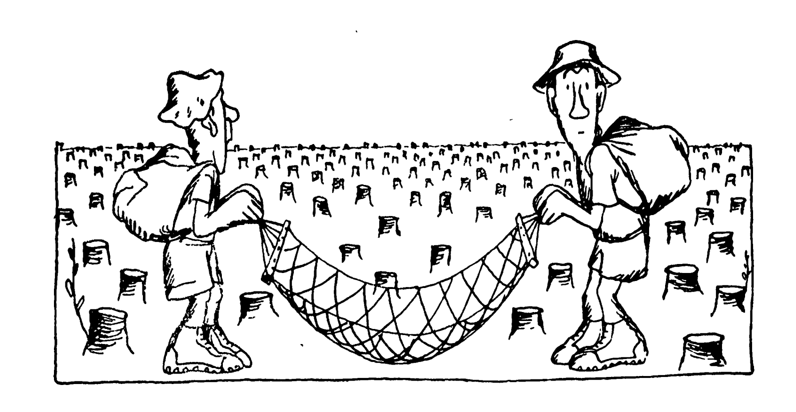
Однако далось все это очень дорогой ценой, о которой верно сказал известный исследователь океана Жак-Ив Кусто: «Прежде природа угрожала человеку, а теперь человек угрожает природе...»

Снова и снова мы залезаем в неоплатные долги к природе, растрачивая ее основной капитал, ее вековые фонды. Правда, все займы объяснялись и объясняются чрезвычайными обстоятельствами. В первую очередь тем, что потребности человечества растут вместе с ростом его численности.

Действительно, на Земле живет уже столько людей, они обладают такими техническими возможностями, владеют такими способами высвобождения и употребления энергии, расходования накопленных в недрах планеты и на ее поверхности богатств, что необходимость подвергнуть отношения, складывающиеся между человечеством и биосферой, количественному анализу и сделать из вычисленных соотношений надлежащие выводы уже очевидна.

* * *

Видный американский демограф подсчитал, что к 13 июля 2116 года в мире не останется места, где мог



бы стоять очередной новый житель Земли. Правда, существует немало и других расчетов, показывающих, что рано или поздно население перестанет увеличиваться и стабилизация произойдет сама собой.

Может, оно и так. А может быть, в будущем появится иной выход из положения — например, станет реальным заселение других планет (решение, уже детально проработанное фантастами). Но в реально близком будущем, например к 2000 году, никакой стабилизации произойти не может. Во-первых, значительная часть нынешнего поколения доживет до этого рубежа. Во-вторых, подавляющее большинство родителей тех детей, которые появятся на свет до 2000 года, уже живут на Земле. И в-третьих, у детей, родившихся сегодня или завтра, тоже уже появятся дети к 2000 году.

Этот простейший расчет показывает, что одна из главных причин безудержных заимствований у природы не только не исчезнет, но и усугубится в будущем. Значит, надо уже сейчас думать, как сообразовать это обстоятельство с ресурсами планеты, если, конечно, мы хотим сохранить для себя свой дом.

Решение можно искать в двух параллельных курсах. С одной стороны — рассчитывая на максимум того, что можно забрать у природы, неустанно заботиться, чтобы она могла без помех использовать свои великие восстановительные возможности.

С другой стороны — активно искать способы существования, независимые от природы.

* * *

Может быть, сложнее всего обстоит сейчас дело вовсе не с числом людей на Земле как таковым (тесно становится пока только в самых больших городах), сколько с пропитанием этих людей.

По сведениям ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), несмотря на некоторый рост производства продуктов питания (приближается к 3 процентам, тогда как рост населения только к 2 процентам), больше половины человечества питается плохо, а около одной трети систематически недоедает и голодает.

Выглядит это так. Суточная физиологическая потребность человека в питании составляет около 3000 калорий, потребность в полноценном белке — около 80 граммов. В Северной Америке и в Европе эти нормы даже превзойдены, в остальных районах Земли далеко не достигнуты. Житель Пакистана получает меньше 2000 калорий и меньше 50 граммов белка в сутки, причем белок животного происхождения, наиболее полноценный по аминокислотному составу, занимает едва четвертую часть этого количества. Средняя калорийность питания в Центральной Африке примерно такая же, а потребление белка там (тоже в основном растительного) достигло только 40 граммов; это половина (!) физиологической нормы. Сведения эти, основанные на статистике ООН, взяты мной из уже упоминавшейся здесь книги Д. Мидоуза.

Прирост производства продовольствия приходится в основном не на плохо обеспеченные страны, а на те, где его и так достаточно. Никто не берется сказать, можно ли считать реальной надежду дать в обозримом будущем всем людям в районах с продовольственным дефицитом необходимую норму около 3000 калорий. Одна из причин такой неуверенности — исчерпание природных ресурсов в странах с быстро растущим населением, где урожайные почвы уже все использованы.

Еще в большей степени просматривается наша зависимость от природы в проблеме ископаемого сырья. Геологические запасы многих металлов близки к исчерпанию, а довод о том, что «раньше находили новые месторождения, сейчас тоже находят и всегда будут нахо-

дить», к сожалению, приходится отнести к разряду неквалифицированных суждений.

На Земле практически не осталось «белых пятен», строение ее коры достаточно хорошо изучено, и важнейшие металлы — можно сказать, материальную основу цивилизации — искать уже почти негде. В течение последних десятилетий их потребление растет почти в геометрической прогрессии, а разведка новых месторождений или переоценка возможностей известных увеличивает доступные для извлечения запасы лишь незначительно. Возникает опасение, что запасов, например, меди хватит на 20—50, серебра, может быть, на 40, свинца не больше чем на 60 лет. (Большее число в каждом случае взято из расчета, что разведанные запасы удалось бы увеличить в пять раз по сравнению с известными.)

Но все это означает, что в самом ближайшем будущем нам потребуется замена самых употребительных материалов — возобновить изъятое из природы мы не сумеем.

Топливо. С него, собственно, и началась цивилизация — без топлива нет огня. Академик Н. Семенов подробно проанализировал состояние запасов нефти, газа, угля, динамику добычи и перспективы обнаружения новых месторождений. Достаточно сказать, что основательнейшие расчеты, проделанные специалистами во всем мире, приводят к результатам одного и того же порядка: запасы будут исчерпаны за 150—200 лет, в зависимости от роста объема добычи. Даже с учетом гипотетических залежей, эксплуатация которых представляется совершенно невыгодной, цифры в 200 лет вряд ли удастся достигнуть. Совершенно ничтожный срок, если рассматривать перспективы цивилизации в широком плане.

* * *

Возникнув как порождение природы, человек с самого начала своего существования вольно или невольно пытается сделать себя все в большей степени от нее независимым. Можно сказать, что первые инструменты, которыми пользовались предки человека, и особенно огонь, когда его стали хранить и употреблять созна-

тельно, были уже очень решительными переменами в этом направлении.

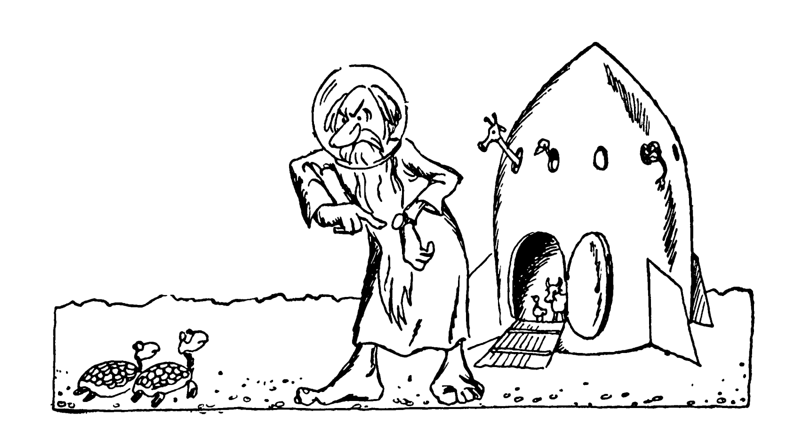
Об этой тенденции развития задумывалось немало светлых умов. К. Циолковский, гениальный провидец и первый теоретик звездоплавания, писал о гипотетическом существе космоса, способном жить в пространстве, поглощая лишь солнечную энергию. Землю К. Циолковский полагал лишь большим космическим кораблем, временным домом человечества, его колыбелью, из которой человек когда-нибудь выйдет в просторы вселенной.

Близкие по духу, но более конкретные соображения на ту же тему высказывал другой великий ученый и мыслитель — академик В. Вернадский. Он говорил, что рано или поздно человечество станет автотрофным — окончательно отделится от живой природы, окончательно перестанет в ней нуждаться, будет производить все нужное для своего существования независимо от природы.

В каком-то смысле человечество действительно идет по этому пути. Некоторые насущные потребности человека — потребности в пище, крове, одежде — все в большей степени удовлетворяются как бы независимо от живой природы. Мы одеваемся в синтетические материалы, строим дома из бетона, и даже искусственная пища перестает быть атрибутом фантастики.

В прошлом веке французский химик Бертло предрекал, что в 2000 году «уже не будет ни пастухов, ни хлебопашцев: продукты питания будут создаваться химией». И далее: «Когда будет получена дешевая энергия, станет возможным осуществить синтез продуктов питания из углерода (полученного из углекислого газа), из водорода (добытого из воды), из азота и кислорода (извлеченных из атмосферы)... Если землю перестанут использовать для выращивания продуктов сельского хозяйства, она вновь покроется травами, лесами, цветами, превратится в обширный сад, орошаемый подземными водами, в котором люди будут жить в изобилии и испытают все радости легендарного золотого века...»

Наверное, предсказание Бертло не успеет оправдаться к 2000 году, но это ничего не меняет в его сути. Работы по созданию синтетической пищи ведутся во многих странах, в частности в СССР, научным коллективом, руководимым академиком А. Несмеяновым. Это отдельная тема, которая выходит за рамки разбирае-



мого мною вопроса. И все же не может не иметь прямого отношения к проблеме существования человечества в биосфере уже осуществляемая возможность синтеза некоторых незаменимых аминокислот в товарных количествах. И если еще рано говорить об «искусственных отбивных», то синтетический метионин и синтетический лизин — важнейшие незаменимые аминокислоты — производятся уже десятками тысяч тонн. Уже существует широкое промышленное производство витаминов. И все это значит, что человечество уже вступило в век индустриального, несельскохозяйственного производства пищевых веществ.

И создание (искусственное!) высококалорийных топлив (керосин, бензин), которые мы теперь склонны причислять к естественным природным ресурсам, и атомная энергетика, занимающая все большее место в энергетическом хозяйстве промышленно развитых стран, и попытки овладеть УТС (управляемым термоядерным синтезом) — это попытки преодолеть нашу полную зависимость от природы. Однако нечто из природы все равно каждый раз используется, вначале якобы как «неисчерпаемое».

Когда люди стали впервые пользоваться каменным углем и нефтью, у них не могло возникнуть и отдаленной мысли о том, что их потомки — мы с вами — будем не без тревоги рассчитывать, на сколько лет еще хватит нефти и угля. Запасы урана (в том виде, в каком нам кажется возможным предполагать его извлечение сейчас) не кажутся нам неисчерпаемыми. Но уже

открыта заманчивая возможность создания «самовозобновляющегося» ядерного горючего, уже работают реакторы-размножители. А будущее управляемого термоядерного синтеза представляется воистину фантастическим, ибо запасы тяжелой воды в океане почти неисчерпаемы... Даже с расчетом на огромное увеличение расхода энергии человечеством их хватит не меньше чем на миллиард лет. Но строгой научности ради я бы и на этот раз взял слово «неисчерпаемые» в кавычки.

Означает ли все это, что человечество становится или вот-вот станет автотрофным?

Нет, не означает.

Я не буду останавливаться на том трудно определимом обстоятельстве, что для всякого человека совершенно необходимо время от времени просто подышать свежим воздухом, побродить по лесу или полежать на песке у воды. Необходимо созерцать природу в любом ее проявлении, будь то дикие скалы Памира или ивовый куст на песчаном берегу Оки... Я подчеркиваю другое: и в сфере материального производства человек еще очень долго не сможет обойтись без ресурсов, создаваемых живой природой.

Но человечество, как бы не считаясь с собственными возможностями, как бы не замечая их ограниченности, вовсю рвется к этой невозможной еще автотрофности...

●

Технический прогресс изменяет пути перемещения вещества и энергии в биосфере. За последние сто лет возникли новые виды производств — химические, атомные, транспортные, машиностроительные, фармацевтические. Это вызвало появление новых материалов, новых машин.

В мире параллельно идет множество крупных процессов. Человечество расходует воду, потребляет огромное число химических препаратов, укрупняет города. Все это вместе, все виды производств — сельскохозяйственные и индустриальные, а также коммунальное хозяйство производят на свет не только полезные продукты, но и гигантское количество шлака. И весь этот шлак, вся эта громада газообразных, жидких, твердых отходов выбрасывается в окружающую среду: в воздух, в воду, на поверхность земли.

По всей планете объем отходов человеческой деятельности оценивается в $5 \cdot 10^8$ тонн в год. В этих отходах содержится столько химических веществ, что список их уже перевалил за 600 тысяч наименований.

К чему это приводит?

К тому, что человек ставит природу перед труднейшей, а порой и неразрешимой проблемой переработки этих веществ в своем круговороте. Эта задача все чаще оказывается природе не под силу. И все чаще происходят случаи отравления людей окислами азота, сернистым ангидридом, ртутью. Смог душит людей, химические средства борьбы с вредными насекомыми и болезнями растений зачастую оказываются ядовитыми не только для насекомых, но и для самих людей: попадая в продукты питания, они делают их непригодными к употреблению. В больших водоемах, загрязняемых отходами, гибнет все живое...

* * *

Вообще говоря, сами по себе отходы еще не так страшны. Ведь живая природа наделена огромными «оборонительными» возможностями. Хорошо известна, например, способность естественных водоемов к самоочищению. Попадающие в реку органические вещества (а это могут быть и листья, опадающие с прибрежных ив, и бытовые сточные воды, и часть промышленных стоков) — прекрасная пища для бактерий, которые, окисляя их, разлагают. В итоге остаются безвредные минеральные соли. Бактерии служат пищей для инфузорий, те — для более крупной живности, рыбу ест человек, а минеральные соли «удобряют» реку и усваиваются водорослями.

Но способность к самоочищению не безгранична. Если вдоль берега реки, как зубья гребенки, торчат канализационные сбросы десятков заводов, никакие бактерии не в силах справиться с их стоками. Важно и то, какие вещества содержатся в сточных водах: если в реку сбрасываются ядохимикаты, крепкие кислоты, щелочи, фенолы, то гибнут и бактерии, а в мертвой реке никакого самоочищения не происходит.

Правда, не нужно забывать и о приспособительных возможностях жизни на Земле. Эволюция выработала самые разнообразные формы жизни — есть, например,

бактерии, которые умудряются жить даже в горячих концентрированных растворах кислот. Наверное, через несколько тысячелетий могли бы появиться и такие микроорганизмы, которые процветали бы в самых ядовитых сточных водах и при этом перерабатывали бы их во что-нибудь безвредное. Но эволюция — дело тысяч и миллионов лет; в сравнении с ее темпами те два-три столетия, которые заняла совершенная человеком техническая революция, — всего лишь краткий миг, и рассчитывать на то, что биосфера приспособится к последствиям этой революции, не приходится.

Точно так же мы не можем и надеяться, что к жизни в отравленной среде «притерпится» человек, что наши далекие потомки будут наслаждаться автомобильным перегаром и с удовольствием плескаться в сточных водах. Правда, герой одного из фельетонов Арта Бухвальда, житель Лос-Анджелеса, попав в горы, изнывает без смога и не жалеет доллара, чтобы проезжающий шофер дал ему подышать у выхлопной трубы своей машины. Но это всего лишь горькая ирония сатирика. На самом же деле «или люди сделают так, что на Земле станет меньше дыма, или дым сделает так, что на Земле станет меньше людей». Это слова одного крупного западного ученого, вряд ли можно сказать короче и выразительнее.

Итак, человек впервые за многие тысячи лет вступил в крупный конфликт с природой. Рассмотрим главные сферы, где разыгрывается этот конфликт.

* * *

Пресса свидетельствует:

...За последние сто лет в атмосферу попало 1,35 миллиона тонн кремния, 1,5 миллиона тонн мышьяка, более 1 миллиона тонн никеля, 900 тысяч тонн кобальта, по 600 тысяч тонн цинка и сурьмы. В Англии в воздух ежегодно выбрасывается 1,5 миллиона тонн угольной пыли, 2 миллиона тонн обыкновенной пыли и 5 миллионов тонн сернистых газов.

...Регулировщик движения в центре Лондона вдыхает в день столько газов, как если бы он выкурил 100 сигарет.

...Парижане дышат воздухом, способным сокрушить гранит.

...Промышленность США потребляет кислорода больше, чем может дать растительность всей этой страны.

Можно привести еще немало подобных высказываний, но сводятся они к одному: состояние воздуха нашей планеты, в том числе судьба кислорода в атмосфере, начинает тревожить.

Потребление кислорода растет гигантскими темпами. Один самолет во время перелета через океан сжигает от 50 до 100 тонн кислорода. Каждая сожженная тонна угля отнимает годовую норму кислорода у одного человека. А каждый автомобиль, пробежавший тысячу километров, сжигает такое количество кислорода, которого хватит человеку на год. (Всего на Земле сейчас насчитывается более 200 миллионов автомашин. И число их все растет.)

Пока что, к счастью, остается немало стран, не включившихся в чудовищную гонку по уничтожению естественных богатств планеты, а воздушный океан не знает политических границ: отравленный воздух одной страны разбавляется чистым воздухом другой. Но без последствий это все же не остается: ведь объем атмосферы не беспределен, загрязненность ее неуклонно растет. Кроме того, в отдельных районах планеты свободная циркуляция воздуха может и нарушаться, и тогда загрязнение атмосферы усиливается до такой степени, что смог в буквальном смысле слова душит людей

* * *

Тепловые электростанции мира выбрасывают в атмосферу несколько десятков миллионов тонн золы и сернистого ангидрида. Расчет показывает, что если к 2000 году мощность этих электростанций возрастет в 10 раз, то даже с учетом некоторого улучшения очистки они будут выбрасывать уже сотни миллионов тонн сернистого ангидрида и золы. А к этим миллионам тонн прибавляются пылевые выбросы многочисленных заводов и фабрик, воздух загрязняется при агрохимической обработке почв с самолетов — удобрениями, пестицидами. Пылят почвы, разрушающиеся от эрозии. Масса распыленного вещества забрасывается в стратосферу силой атомных взрывов.

Если к этому присовокупить результаты естественных процессов запыления — космическую пыль, которая ежегодно попадает на Землю в количестве примерно десяти тысяч тонн, вулканические пеплы, пески пустынь, то станет ясно, что атмосфера Земли перенасыщается пылью — ее сейчас в воздухе на 20 процентов больше, чем было в начале XX века.

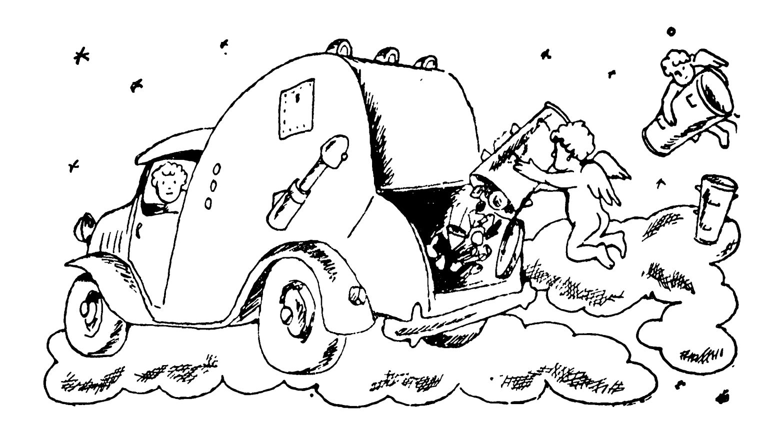
Частицы пыли остаются в атмосфере от нескольких дней до нескольких недель. За это время они успевают несколько раз обежать вокруг Земли, а радиоактивная пыль сохраняется в стратосфере по нескольку лет.

К чему это приводит? К тому, что воздух становится менее прозрачным и пропускает меньше солнечных лучей, он превращается в экран, отражающий солнечную радиацию. Если атмосфера и впредь будет так же постоянно и интенсивно запыляться, то нашей планете грозит в конце концов похолодание, результатом которого может стать новое оледенение. Моделью такого грустного будущего Земли может служить планета Марс, в атмосфере которой подолгу бушуют пылевые бури, а поверхность ее представляет в основном пустыню.

* * *

Но в будущем может наступить не только похолодание, не менее вероятен и перегрев планеты. Причиной его может стать тепловая перегрузка биосферы. Индустриально развитые страны вырабатывают сейчас тепла почти столько же, сколько поступает к ним от Солнца. Кроме того, в атмосфере все увеличивается содержание двуокиси углерода, и это тоже грозит перегревом. При сжигании топлива в атмосферу каждый год уходит не менее 10^{10} тонн CO_2. Но в воздухе присутствует еще и природная углекислота, которую поставляют вулканические газы, горячие источники, дыхание человека и животных.

Углекислый газ непрерывно циркулирует между атмосферой и океаном. При этом в океане накапливается в 60 раз больше этого газа, чем в воздушной среде. Каждый год зеленые растения извлекают из воздуха около 160 миллиардов тонн CO_2. И каждый год в земной коре откладываются пласты известняков. Так



функционирует природа, но в последнее время наступили перемены.

Замечено, что зеленые растения во многих районах земли голодают. Но в то же время содержание CO_2 в атмосфере растет. За последние десять лет его стало на 0,2 процента больше. Голоданию растений нет пока научного объяснения, но это сигнал о том, что что-то разладилось в обменных механизмах биосферы.

Накопление CO_2 меняет способность воздуха пропускать определенные части солнечного спектра. Атмосфера становится подобна стеклу оранжереи, которое пропускает солнечную радиацию, но не выпускает обратно инфракрасное излучение. Это приводит к возникновению парникового эффекта — в глобальном масштабе он ярко выражен на Венере.

Расчеты показывают, что если уровень насыщения двуокисью углерода сохранится и впредь, то к 2000 году содержание этого газа увеличится в земной атмосфере на 20 процентов, то есть достигнет 0,0379 процента. А это уже чревато повышением температуры на всей планете, которое может выразиться в повсеместном таянии ледников.

Итак, с одной стороны — призрак холодного запыленного Марса, с другой стороны — призрак раскаленной, безжизненной Венеры. Можно предполагать, что в природе две полярные тенденции — к похолоданию и к перегреванию — взаимно компенсируются. Но наука этого пока никак не подтвердила.

* * *

Теперь еще об одной важнейшей среде, где разыгрывается конфликт.

«Наш отец океан гибнет» — таково предостережение, с которым не раз обращался к мировой общественности Жак-Ив Кусто. «Море стало сточной ямой, куда стекаются все загрязняющие вещества, выносимые отравленными реками; все загрязняющие вещества, которые ветер и дождь собирают в нашей отравленной атмосфере; все те же загрязняющие вещества, которые сбрасывают такие отравители, как танкеры. Поэтому не стоит удивляться, что из этой сточной ямы уходит жизнь», — написал он недавно.

Французскому исследователю вторит Тур Хейердал. В бортовом журнале во время плавания на «Ра-2» появляются записи: «Степень загрязнения воды поражает воображение»; «Загрязненность ужасная»; «По ночам волны забрасывали на борт корабля нефтяные куски размером с кулак. Мы обнаружили, что к ним прилипли водоросли, ракообразные и даже перья птиц». 31 мая у африканского побережья в бортжурнале была сделана следующая запись: «Невероятное количество покрытых ракушками асфальтовых кусков — огромных, размером в лошадиный помет, собранных в гроздья. Были замечены также пластиковая бутылка, металлическая канистра, большой круг зеленоватого каната, какие-то предметы из нейлона, деревянный ящик и кусок картона. Ужасное зрелище! Как человек загрязняет Атлантический океан!»

Да, океан загрязняется нефтью. За последние годы в океанские воды попало в результате аварий $4 \cdot 10^6$ тонн нефти. Нефть, разливаясь по поверхности воды, образует тонкую пленку, эта пленка нарушает обмен воды с газами атмосферы, нарушается жизнь морского планктона, который поставляет кислород и первичное органическое вещество в океан. Страдают морские животные, гибнут птицы. У всех в памяти трагическая история аварии танкера «Терри Кэньон» у английских берегов. Эта история заставила обратить внимание людей на судьбу Мирового океана, предпринять те или иные меры для охраны его вод от нефти. Но крушение «Терри Кэньона» случилось в 1967 году, а Тур Хейердал вел свои записки в 1970 году.

В 1972 году Жак-Ив Кусто снова пишет: «Океан в опасности!..» Он утверждает: «Наши идеи относительно загрязнения очень путаные. Говорят о загрязнении воздуха, загрязнении воды, загрязнении почвы, как будто имеется несколько видов загрязнения, тогда как есть одно-единственное загрязнение — загрязнение воды, ибо мы знаем, что все отравляющие вещества, сбрасываются ли они в атмосфере, или на земле, в конечном счете неизбежно оказываются в океане, который стал таким образом всемирной помойкой».

И дальше: «...Нас, жителей Земли, можно сравнить с пассажирами корабля, которым раз и навсегда дан какой-то определенный запас воды. Да и то судно, оказавшееся в бедственном положении, может надеяться, что какое-то другое судно окажет ему помощь, тогда как мы во вселенной одиноки, окончательно одиноки с нашим небольшим запасом воды, необходимым для жизни, как это известно каждому...»

* * *

Я не буду подробно рассматривать судьбу внутренних водоемов и рек, оказавшихся в не менее бедственном положении, чем океан. Отходы гигантских химических заводов превратили многие из них в сточные канавы. Заводы черной и цветной металлургии, нефтеперерабатывающие и целлюлозно-бумажные насытили воду экологически вредными веществами. Такая картина наблюдается повсеместно в Западной Европе и в США. В озере Эри, одном из Великих американских озер, уже давно нельзя даже купаться. Водолазы доложили, что дно озера похоже на «ведро для отбросов химической лаборатории».

Широко известна история отравления ртутью жителей американского города Аламогордо в штате Нью-Мексико. Причина этой болезни крылась в насыщенности рыбных консервов ртутью. Расследование показало, что предприятия, использующие ртуть, непрерывно сливают отбросы в реки и озера.

Повышенное содержание ртути обнаруживают в организмах обитателей Балтийского моря. Удивительно, но ртуть находят даже в куриных яйцах. А кроме ртути и вместе со ртутью еще и такие сильные биологические яды, как кадмий, свинец.

Но наибольший экологический вред приносят неразлагающиеся токсические соединения, которые используются в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями. Они вместе с удобрениями вымываются из почв и попадают на мелководье, в пруды и реки, и дальше — во внутренние и внешние моря. Здесь они вызывают гибель морских организмов или сильное их заражение.

«Почему же ее не тошнит, эту землю?» — в ужасе восклицал Уитмен.

Я перечитываю сейчас его строки:

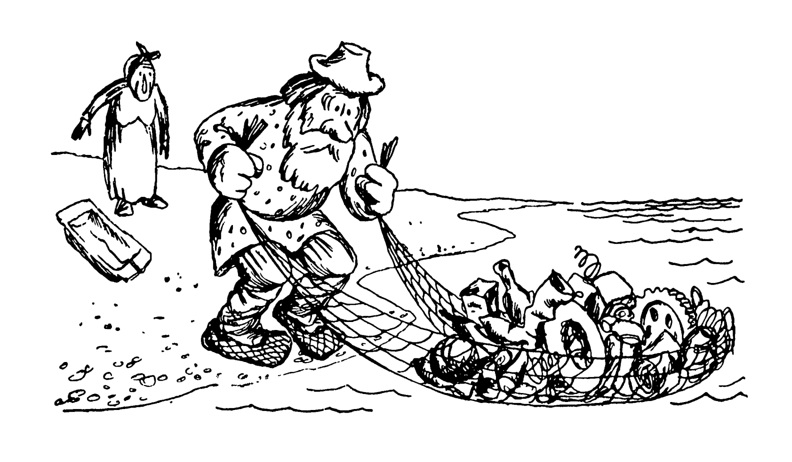
Этим-то земля и пугает меня, она так тиха и смиренна,
Она создает такие милые вещи из такого гнилья,
Чистая и совсем безобидная, вращается она вокруг оси, вся набитая трупами тяжко болевших,
И такие прелестные ветры создает она из страшных зловоний
И с таким простодушным видом каждый год обновляет она свои щедрые пышные всходы,
И дает всем людям такие дивные вещи, а под конец получает от них такие отбросы в обмен.

(Уолт Уитмен, из сборника «Листья травы».
Перевод К. Чуковского)

В переводе на язык науки это звучит примерно так.

Современная технология вовлекает в производственный процесс огромные материальные потоки: сырье, топливо, воду, воздух (включая вентиляционный). Однако эти поистине гигантские потоки перерабатываются в лучшем случае в бесполезные, а как правило, во вредные, в токсичные производственные отходы, заражающие сферу жизнедеятельности человека и превращающие ее в бесплодную. Относительная доля нужного, полезного продукта, получаемого в современных промышленных процессах, совершенно ничтожна по сравнению с долей отбросов производства.

Количество сырья, добываемого из земли, потоки воды и воздуха, вовлекаемые в промышленный процесс, настолько велики, что становятся сравнимыми с глобальными геологическими процессами; и так как бо́льшая часть сырьевых потоков превращается в конечном итоге в отходы, встает совершенно реальная угроза вытеснения ими самого человека. Этот процесс начался уже давно и развивается столь быстрыми темпами, что не может не вызывать тревоги и его нельзя не учитывать при прогнозировании технического прогресса.



●

Отсюда проклятия в адрес науки и техники, считавшихся еще вчера рогом изобилия, из которого могут посыпаться на нас только всевозможные блага. Беспокойство за будущее человека на планете, подогреваемое дискуссиями в прессе, выступлениями специалистов и публикацией все новых фактов неразумного отношения человека к среде своего обитания, чрезвычайно обострилось в последние годы.

Каков же выход?

«Не меньше технологии, а больше технологии. Не меньше науки, а больше науки» — этот рецепт дает президент Национальной академии наук США доктор Филипп Хэндлер, и я готов к нему присоединиться.

Нам нужно больше научного подхода к производству, нам нужно уточнить и во многом пересмотреть представления о том, какой надо создавать технологию завтрашнего дня. Нам нужно большее осознание ответственности и анализ всего, что уже известно сегодня.

А известно, например, то, что проблема промышленных отходов имеет решение, и даже не одно, а несколько. И уже сегодня эти решения не представляют ни научной, ни технической загадки.

Давайте проследим путь загрязнений в природе и посмотрим, как можно их обезвреживать и в каком месте. Начнем с конца — с того момента, когда отбросы уже смешались с воздухом, с водой, попали в почву.

В действие немедленно вступают оборонительные силы природы: например, чуждое вещество поедают микроорганизмы, включая его в естественный биологический круговорот, или же оно претерпевает превращение без участия живых существ, под действием воды, воздуха, солнечного света. Следовательно, нарушат или не нарушат те или иные загрязнения природное равновесие, зависит не только от их количества, но и от того, насколько они «съедобны» для микробов или способны разрушаться в естественных условиях. Были случаи, когда приходилось отказываться от производства и применения тех или иных веществ только потому, что эти вещества по миновании в них надобности слишком медленно разрушаются в природных условиях. Вспомним ДДТ и некоторые другие хлорсодержащие инсектициды; вспомним сульфонал — чрезвычайно широко применявшееся одно время моющее средство.

До недавного времени человек всеми силами боролся с разрушающим действием природных факторов. За примером недалеко ходить: коррозия металлов наносит всей технике ощутимый урон, и на борьбу с ней расходуются огромные средства. Но теперь мы с удивлением убеждаемся, что в какой-то мере коррозия не только зло, но и благо.

До наступления так называемого века полимеров, века веществ, коррозии не подверженных, мало кого заботил вопрос, куда девать, скажем, пустые консервные банки. Будут ли эти банки пущены во вторичную переработку или превратятся на свалке в ржавчину, то есть в растворимые соединения железа, — это никак не отражалось на природе. Но вот появились банки из синтетики; их, разумеется, тоже стали выбрасывать. В США, например, ежегодно попадает на свалку около 65 миллиардов отслуживших свое пластмассовых емкостей. Но бактериям они не по зубам, и сами по себе они не разрушаются!

И вот в исследованиях новых материалов, особенно упаковочных, возникло удивительное направление — поиск веществ, которые, выполнив свое прямое назначение, легко разрушались бы. Больше того — уже изучается возможность вывести такие бактерии, которые могли бы разрушать «трудноперевариваемые» полимеры, например полиэтилен. Эта задача не кажется принципиально неразрешимой: генетические методы позволяют

в какой-то мере направлять эволюцию микроорганизмов в нужную нам сторону. (Однако сразу же возникает следующее опасение: не придется ли вскоре искать полимеры, непригодные в пищу «пожирателям пластмасс»? Ведь бактерия не знает, какое изделие еще нужно человеку, а какое уже нет.)

Итак, один из принципиальных путей борьбы с загрязнениями — это возможно более полное использование природных механизмов, позволяющих перерабатывать отходы и включать их в общий биологический круговорот. По существу, на этом принципе основаны и применяющиеся сейчас системы биологической очистки сточных вод: там работают те же бактерии и простейшие организмы, благодаря которым происходит самоочищение рек. Для них искусственно создают особо благоприятные условия, в результате чего их производительность намного возрастает.

Но как быть, если отходы представляют собой не просто инертную массу, а ядовиты для всего живого и притом химически стойки? Ведь полагаться на самоочистительные процессы в биосфере в подобных случаях уже нельзя!

Но и здесь, по существу, нет проблемы. Технология очистки выбросов от ядовитых веществ уже достигла такого совершенства, что выпускаемые в атмосферу газы могут ничем не отличаться от кристально чистого горного воздуха, а стоки можно очистить так, что они будут чище воды, которую предприятие берет из реки или озера.

А кстати, нелишне иметь в виду и то, что содержание вредных веществ в выбросах во многих случаях такое, что уже неизвестно, следует считать их вредными или, наоборот, весьма полезными. Например, серебра в отходах некоторых производств в 20 раз больше, чем в земной коре, молибдена — в 50 раз, а мышьяка — в 250 раз! Но ведь это все — ценнейшее сырье, и его можно извлечь.

Не так давно на одном заводе, получающем каждый месяц больше тонны хрома для хромирования изготовляемых там деталей, в дело шло только 200 килограммов хрома, а 900 просто утекали в сточную трубу. Такие заводы существуют, к сожалению, до сих пор. Каждый год во всем мире сбрасываются со сточными водами тысячи тонн кислот, щелочей, цветных металлов.

Это продукция целых химических комбинатов, металлургических заводов, рудников. Получается, что часть таких предприятий работает на канализацию! И это происходит в условиях, когда мы вынуждены добывать из-под земли все более бедные руды, затрачивая на это колоссальные средства. Можно сказать, что отходы, зола уже становятся для человечества самым настоящим источником дефицитного и дорогостоящего сырья.

Конечно, извлекать нужные вещества из отбросов ничуть не легче, а иногда и гораздо труднее, чем добывать их из природных полезных ископаемых. Стоки цехов большого завода совершенно различны по составу; смешиваясь в общезаводской канализации, они разбавляют друг друга, так что концентрация ценных веществ чаще всего оказывается ничтожной. К тому же разделение фантастического коктейля из десятков и сотен веществ, да еще непостоянного состава, — задача нелегкая даже для химика.

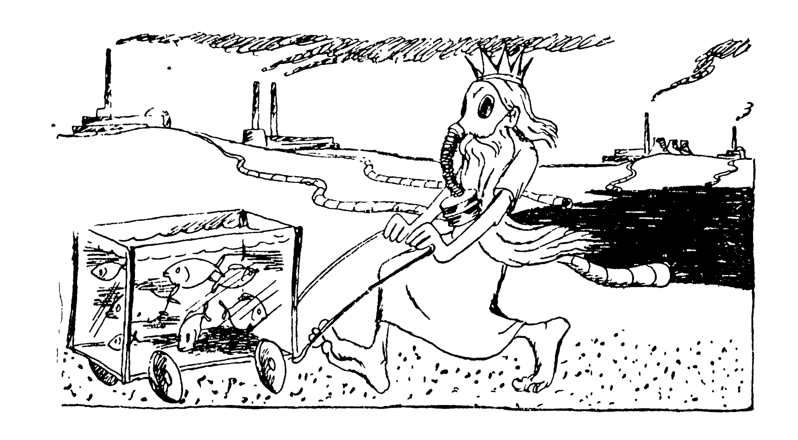
И все же совершенствование очистки — всего лишь паллиатив — временная мера против болезни, грозящей человечеству.

Мне вспоминается краткая и выразительная оценка самого существа этой проблемы, данная несколько лет назад академиком А. Несмеяновым. Это была выездная сессия отделения общей и технической химии Академии наук СССР в Дзержинске. После доклада Александра Николаевича ему был задан вопрос: «Как вы относитесь к проблеме очистки воды и воздуха?» Академик ответил: «Отношусь отрицательно». И добавил: «Не надо чистить воздух и воду, гораздо важнее их не загрязнять».

Это глубоко верно. Я убежден, что корень проблемы не столько в недостаточной очистке выбросов, сколько в несовершенстве самой технологии производства, позволяющей этим выбросам появляться. Это несовершенство есть результат ограниченности нашего сегодняшнего технологического мышления.

* * *

Берусь утверждать, что не существует такого предприятия, которое, используя достижения науки, не могло бы производить больше ценной продукции и давать меньше отбросов. В свое время американцы справедливо гордились чикагскими бойнями, где утилизирова-



лось буквально все, кроме предсмертного крика животного. Сегодня же надо использовать сырье так, чтобы не оставалось даже «предсмертного крика» — вредных отходов. Это ставит перед промышленностью огромную, принципиально важную и новую цель: пересмотреть все сложившиеся веками основы производства, все технические и аппаратурные решения.

До сих пор мы, проектируя химический завод, из всех возможных реакций выбирали ту, которая дает больше всего нужного продукта. Теперь появляется еще один, не менее важный критерий: реакция не должна давать ненужных, побочных продуктов, от которых потом пришлось бы избавляться.

Заводы без труб — такими я представляю себе промышленность будущего.

Но такой новый подход к технологии потребует и больших изменений в организации промышленности, в ее экономике.

Вот пример. Алюминий получают электролизом боксита с добавкой криолита — вещества, понижающего температуру плавления руды. При этом выделяется немало фтора. Фтор чрезвычайно ядовит, и, чтобы уберечь рабочих от отравления, в цехах ставят мощную вентиляцию. В результате содержание фтора в цехах действительно не выходит за пределы допустимого, но зато вокруг такого завода образуется безжизненная пустыня. А ведь фтор — ценное сырье; химики добывают его специально, затрачивая немало сил и средств.

Извлекать фтор из газовых выбросов алюминиевых заводов невыгодно, потому что концентрация его очень мала. Но можно было бы сделать другое — герметизировать электролизные ванны, где выделяется фтор, и без особых затрат брать его прямо оттуда. Тогда не понадобилось бы и устраивать сложные вентиляционные установки, да и окружающая природа была бы сохранена.

И тем не менее это не делается. Почему?

Да просто потому, что алюминиевые заводы проектируют, строят и эксплуатируют металлурги, для которых фтор — вредный газ. А то, что фтор — это еще и сырье для химической промышленности, металлургов не интересует...

Предприятия 2000 года должны быть предприятиями комплексного использования сырья, заводами, не знающими отходов. Девизом такой промышленности должны стать слова, сказанные еще в прошлом веке: «В химии нет грязи; грязь — это химическое соединение в неподходящем для него месте».

Я еще раз подчеркиваю, что создавать такие предприятия можно уже сейчас, при сегодняшнем состоянии науки и техники. Например, мощные тепловые электростанции, представляющие сейчас, пожалуй, одну из самых больших угроз чистоте воздуха, можно уже сегодня проектировать как энергохимические комбинаты. Кроме электрической энергии, они будут производить прекрасный дешевый строительный материал (из золы и шлака, с которыми сейчас иногда не знают, что делать) и серную кислоту (из сернистого ангидрида, который сейчас выбрасывается в атмосферу, загрязняя ее в невиданных размерах). Может быть, даже выбрасываемый в атмосферу в огромных количествах углекислый газ будет приносить пользу: расположив поблизости тепличные хозяйства, его можно будет использовать как воздушное удобрение для увеличения урожая овощей. То же относится и к излишкам тепла.

В новой беструбной и бессточной технологии не будет места тепловым электростанциям, которые ценой потери большой части общественного богатства дают обществу только энергию. Они превратятся в сложные комплексные комбинаты, сочетающие получение электроэнергии не только с производством химических продуктов и строительных материалов, но и с земледелием

И тогда проблема загрязнения окружающей среды сернистым газом, золой и тепловыми отходами в значительной степени отпадет.

* * *

Может быть, кто-нибудь предположит, что мои рассуждения о беструбной и бессточной технологии лишены реальной почвы и их можно адресовать лишь в неопределенное будущее.

Это не так, и к 2000 году проблема безотходной технологии имеет самое практическое отношение. Подобные идеи высказывались и раньше, более того, они даже претворялись в жизнь.

Тридцать с лишним лет назад в Донбассе, в городе Горловке, работал скромный азотно-туковый завод, производивший в основном удобрения. Однако, изготовляя удобрения, призванные улучшать плодородие почвы, завод сам своей работой плодородие земли отнюдь не увеличивал. Отходы его производства отравляли воздух, уничтожали растительность. А кроме того, со сточными водами, которые завод спокойно спускал в соседний овраг, он терял каждый год 2 тысячи тонн серной кислоты, 900 тонн азотной, 700 тонн аммиачной селитры, тысячу тонн аммиака — продукцию чуть не целой небольшой фабрики.

Начали было проектировать очистные сооружения. Но дело это оказалось весьма дорогим. И тогда заводские инженеры пришли к мысли: взяться за эту задачу с совершенно другой, противоположной стороны.

Они поставили под сомнение сам принцип очистки заводских стоков, которые, конечно, собирались в общем коллекторе, где растворы веществ из разных цехов смешиваются и разбавляют друг друга.

В попытках справиться с отдельными звеньями этой цепи работники горловского завода приходили к решениям, совершенно парадоксальным для практики химических предприятий того времени: целые цехи вообще отрезали, изолировали от промышленной канализации! Химические вещества, которые утекали в трубу, причиняя ущерб заводу и вред природе и людям, теперь собирали и находили им применение. Разумеется, это была достаточно сложная и, могло показаться, неблагодарная работа. Надо было устраивать оборудованные

должным образом места для стоков, иногда достаточно ядовитых, прямо в цехах. Надо было собирать их в необходимых для заводских процессов количествах и выдумывать способы превращения одних веществ в другие, которые можно было употребить в своем же производстве. Надо было изготовлять из них и сбывать какие-то новые продукты, не предусмотренные заводскими планами и технологическими регламентами...

Однако успех был достигнут. Я думаю, он был достигнут благодаря мудрости и подлинно государственному отношению к делу взявшихся за него людей. За несколько лет Горловский азотно-туковый завод превратился в предприятие, работающее почти без вредных стоков. До полностью бессточного производства оставались считанные шаги, когда началась война и работу пришлось прервать. И тем не менее скромный опыт горловского завода, на котором в условиях несовершенной техники 30-х годов широко мыслящие химики поставили и решили благородную и глубокую задачу общегосударственной, я бы даже сказал, общечеловеческой важности, — этот опыт не пропал зря. (А если потом мы много лет не могли планомерно заниматься этим дальше, то это не наша вина.)

Можно привести и другой пример. Это урановая промышленность СССР, где с самого начала были поставлены и решены проблемы комплексной переработки бедных руд, разделения химических элементов со сходными физическими и химическими свойствами, проблемы локализации радиоактивных отходов, замкнутого оборота воды.

Но урановая промышленность не единственный современный пример безотходной или приближающейся к безотходной технологии. Сказанное справедливо и для некоторых заводов, добывающих цветные и редкие металлы. Уже больше трех лет в пустыне Кызылкум работает предприятие, добывающее золото и не имеющее себе равных и по производительности труда, и по бережному отношению к природе. На этом комбинате вообще отсутствует сброс сточных вод.

Еще пример: советские химики, машиностроители и энергетики создали принципиально новый метод синтеза азотной кислоты, при котором ядовитые окислы азота выделяться вообще не будут. Это означает, что появляется возможность навсегда избавиться от «лись-

их хвостов» — буро-рыжего ядовитого дыма над трубами заводов, производящих миллионы тонн азотных удобрений и одновременно губящих растительность...

Все эти решения уже доступны или вскоре будут доступны промышленным предприятиям. Во всяком случае, к 2000 году они будут окончательно доступны технике. И поэтому в самом ближайшем будущем промышленное производство должно будет развиваться именно по такому принципиальному пути. Оно будет создавать комплексные предприятия, не знающие никаких отходов, заводы, на которых потоки сырья, поступающие в технологический процесс, будут превращаться только в полезные для человека или безвредные для окружающей природы продукты.

●

Те из нас, кто будет жить в 2000 году, наши дети и внуки должны забыть о ядовитом дыме над заводскими трубами (а может быть, и о самих трубах) и об испорченном воздухе городов. Они должны знать только чистые озера и реки, только живой океан.

Для этого мало нашего желания и недостаточно возможностей науки и техники.

Все яснее становится, что чистая вода и чистый воздух — это вопрос уже не технический, а социальный. В такой позиции, может быть несколько заостренной, есть свой серьезный и глубокий резон. Глупо было бы не понимать, что будущее человечества зависит теперь и от того, насколько серьезно осознает каждый лежащую на всех нас ответственность и перед современниками, и перед потомками. Каждый — начиная от аппаратчика на химическом заводе, который не имеет права поддаться искушению и приоткрыть заслонку канализационного сброса, чтобы избавиться от пролитой кислоты, и кончая директором фирмы или членом правительства. За состояние биосферы ответственно все человечество, и это уже проблема социальная, а не научно-техническая.

Конечно, взывать только к сознанию, только к чувству ответственности — этого мало. Безответственных людей всегда хватает в любой стране и на любых постах. Поэтому крайне важно подкрепить убеждение мерами принуждения, в том числе законодательными. «Нет

закона — нет преступления», — гласит старинный принцип римского права. А когда закон есть и известны акции, следующие за его нарушением, тогда безответственные люди чаще задумываются.

К сожалению, можно назвать не так уж много стран, где действовали бы законы против загрязнения биосферы. Одна из таких стран — СССР. Я не хочу сказать, что проблема решена у нас окончательно, но уже приняты Закон об охране природы, Основы водного законодательства СССР и союзных республик, постановления Верховного Совета СССР, Центрального Комитета КПСС и Совета Министров СССР об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов.

Как следствие новых законов — а нам предстоит еще и формулировать их, и привыкать к ним — постепенно будет меняться общественная психология, понимание того, «что можно, а чего нельзя» в наших взаимоотношениях с биосферой.

Я бы привел здесь немного комичный, но очень подходящий довод.

В одной соседней с нами стране дискутировалась проблема: нужно ли требовать от пешеходов строгой дисциплины при переходе городских улиц? Требование переходить только на зеленый цвет не сообразовывалось, по мнению некоторых, с национальным характером жителей страны. И тогда был предпринят решительный шаг. Ввели штрафы, а точнее, увеличили уже существующие в 20 раз.

Прошло немного времени, и горожане в этой стране перестали переходить улицу на красный свет. Полагаю, делают они это не в ущерб своему национальному характеру.

Законы, основанные на глубоком понимании нашей зависимости от биосферы, помогут решить и проблему комплексного, безотходного производства. Именно государственные установления должны будут помочь обществу заинтересовать своих членов в необходимости чисто практического решения этой трудной задачи.

Один из аспектов комплексного подхода — проектирование новых производств «незаинтересованными» организациями. Это сложнейшее дело, потому что проекты должны выполнять лучшие специалисты того дела, которому предназначен проект. И в то же время проекти-

рованию заводов нужно стать ведомственно совершенно независимым. Ибо главная цель, которая ему отводится: общегосударственная, общенародная польза, в которую обязательно входит забота о сосуществовании человека с биосферой.

* * *

Тут я вижу чрезвычайно важное для нашей социалистической экономики обстоятельство.

При электролизе алюминия фтор уходит в воздух потому, что его улавливание невыгодно. Но оно невыгодно заводу, выплавляющему алюминий, и только!

Доменный и мартеновский шлак металлургических заводов далеко не всегда используется лучшим образом. Это невыгодно. Но это невыгодно металлургам, и было бы полезно рассчитать, как обернется дело, если шлак пойдет для мощения улиц или на строительство...

Сернистый газ тепловых электростанций не улавливается в конечном счете потому, что это невыгодно. Но кому? Это, может быть, невыгодно энергетикам, но надо еще подсчитать, выгодно это или нет всему государству. Никто ведь не сомневается, что производство электроэнергии требует затрат. Например, затрат на получение пара для турбин тепловых станций. Разумна ли будет фраза: «Для производства электроэнергии невыгодно получать пар»?

Можно ответить, что такое сомнение абсурдно, потому что без пара не будет вертеться турбина...

Могу на это сказать, что если не будет очистки, то на Земле не будет жизни. И поэтому логично было бы считать, что вопрос об очистке та́к же важен, как получение пара для турбин. Эти утверждения должны быть одинаково категоричны.

Вопрос о том, выгодно или невыгодно, рентабельно или нерентабельно, есть важнейший вопрос социалистической экономики. И перед экономистами стоит великая задача — определение суммарной выгодности того или иного производства. Нужно проинтегрировать *всю* прибыль, которую приносит данное производство и данная отрасль, и выяснить *весь* ущерб, который они наносят обществу неполным использованием сырья, теряемого с отходами; ущерб, который наносят сами отходы, отравляющие пространство и вызывающие коррозию,

потери урожая, гибель рыбы и дичи, и, наконец, ущерб от вреда, наносимого здоровью людей.

И если окажется, что ущерб, наносимый обществу некоторой отраслью производства, больше, чем прибыль, то такая отрасль производства вообще не имеет в нынешнем виде права на существование!

Всестороннее планирование под силу только нашему социалистическому обществу, в котором экономика и все ее механизмы находятся в руках государства. Оно может принимать решения, недоступные правительствам тех стран, где заводы находятся в частном владении. Экономика вся социальна! И решить проблему взаимоотношений человека со средой может только наш социалистический социальный строй. Таков совершенно реальный путь решения проблемы.

К сожалению, мы еще почти никогда не можем выразить в точных числах соотношение пользы и вреда, причиняемого природе нашей деятельностью, перевести эти представления на язык экономики. Привычные понятия выгодности, рентабельности, экономической эффективности не включают в себя оценки всех — не только основных, но и побочных результатов хозяйственной деятельности. Учитывается только видимая польза, которую дает обществу производство того или иного продукта, а косвенно наносимый ему вред остается в тени. Ведь загрязнение воды и воздуха, рассеивание природных ресурсов рано или поздно обернется против нас самих, и можно представить себе такое положение, при котором нам придется тратить вдесятеро больше сил, чем мы тратим сейчас, на то, чтобы возместить ущерб, причиненный природе.

Учесть все факторы чрезвычайно сложно, тут, по-видимому, потребуются специальные исследования. Но проблема эта представляется столь серьезной, что негоже нам опускать руки перед этими в общем-то техническими, а не принципиальными трудностями. Пусть расчеты будут на первых порах грубо ориентировочными, но это принесет пользу хотя бы тем, что приучит нас не только беспокоиться об узковедомственной выгоде, но и заботиться об общем оптимальном благополучии.

Я уверен, что задолго до 2000 года такие решения будут найдены, проанализированы и приняты. И что

они приведут к фантастическим с сегодняшней точки зрения результатам.

Однако потребуется время, чтобы такая точка зрения возобладала, чтобы изменилась сама экономическая наука, чтобы изменились ее представления. Но я верю, что очень скоро появится на свет новая наука: биоэкономика, соединяющая собственно экономику и экологию. (Может быть, называться это будет экологической экономикой или как-то иначе, но не в названии суть.) В самом недалеком будущем считать будут по-иному, «с обоих концов» — заимствую это выражение у сибирского экономиста П. Олдака. Пусть лес срубили «не навсегда», но сколько его было и когда он опять вырастет — это надо рассчитывать и вводить в непосредственные экономические представления, от которых зависит хозяйственная деятельность.

«Принимая меры для ускорения научно-технического прогресса, необходимо сделать все, чтобы он сочетался с хозяйским отношением к природным ресурсам», — говорил Л. И. Брежнев в докладе на XXIV съезде КПСС.

Многие экономисты убеждены, что для того, чтобы это сочетание было действенным и управляемым, надо как можно скорее вводить в экономические расчеты стоимость природных ресурсов. Академик Н. Федоренко, директор Центрального экономико-математического института, называет такие предварительные цифры экспертной оценки природных богатств СССР (расчеты опубликованы в 1972 году): сельскохозяйственные земельные угодья — 180—270 миллиардов рублей, запасы леса — 45—50 миллиардов рублей, запасы полезных ископаемых — 70—100 миллиардов рублей. Получается 295—420 миллиардов рублей — эта сумма соизмерима с нынешней стоимостью всех основных производственных фондов (здания, сооружения, машины, дороги и прочее) в народном хозяйстве СССР — примерно 460 миллиардов рублей.

Советские экономисты не предлагают немедленно оценить в деньгах буквально все в природе. «Как вы оцените Гольфстрим?» — довод, выдвигаемый противниками экономической оценки природных ресурсов и кажущийся им убийственным, не так серьезен, как кажется, потому что сегодня «оценивать Гольфстрим» рано. Но совершенно неизвестно, не станет ли это возра-

жение просто наивным завтра или послезавтра, когда Гольфстрим действительно понадобится людям.

Мне кажется, что, говоря о будущей биоэкономике, нельзя не задуматься и о назначении уже не Гольфстрима, а другого уникального создания гидросферы — озера Байкал. Тем более что судьба Байкала имеет прямое отношение к тому близкому будущему, которое мы обязаны научно предвидеть.

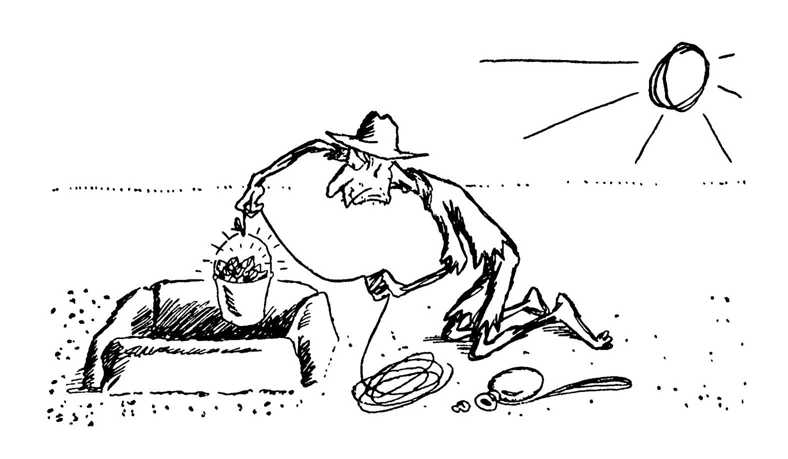
Было бы совершенно невозможно (да это и не нужно) подробно излагать здесь историю строительства на Байкале двух заводов (один из них уже работает), говорить о полемике в печати вокруг этого строительства, о больших государственных усилиях и настойчивой работе, направленных на то, чтобы промышленные стоки заводов не могли испортить замечательную чистую воду Байкала.

Несомненно, будет сделано все возможное, чтобы байкальская вода осталась чистой (к слову, стоимость этих усилий будет огромна; я не знаю, окупит ли себя продукция Байкальского целлюлозного завода и строящегося Селенгинского целлюлозно-картонного комбината после всех затрат на очистку их сточных вод). Но дело еще и в другом — в самом подходе к решению. Ведь ситуации, в принципе подобные байкальской, нам предстоит разрешать еще не раз.

Недавно академик П. Капица писал в «Правде»: «Промышленности необходима пресная вода. В Байкале ее колоссальное количество. Это огромная ценность. Еще более ценно озеро тем, что представляет собой колоссальной мощности биофильтр, производящий чистую воду...

Для нас промышленное значение Байкала состоит в том, что он служит мощным очистителем воды, и наша забота: сохранить его способность очищать воду. Поэтому лозунг «не трогайте Байкал» — это неправильный лозунг. Уникальное озеро можно и нужно эксплуатировать, но так, чтобы не нарушать в нем жизни и сохранять его очистительные свойства... Перед учеными-химиками стоит параллельная задача разработки таких технологических процессов, отходы которых отвечали бы требованиям биологов, то есть могли перерабатываться Байкалом».

Многое из сказанного здесь считаю бесспорным и правильным и я. Однако я думаю, что из данных об



огромной ценности озера (она, кстати, вряд ли может быть рассчитана достаточно надежно уже сегодня) и об уникальных его свойствах можно сделать и несколько иные выводы. Скажу самое основное.

Да, Байкал хранит колоссальное количество пресной воды: около 23 тысяч кубических километров — это примерно одна пятая часть ее запасов на поверхности Земли. Да, это гигантский биофильтр, бесперебойно производящий чистую воду. Да, значение Байкала состоит в том, что он служит мощным очистителем воды.

Но оно состоит не только в этом! Почему же надо забираться в водонапорный бак, не довольствуясь водопроводом колоссальной мощности, который природа словно специально проложила, — вытекающей из Байкала рекой Ангарой?

Да, озеро служит мощным очистителем воды. Но неужели оно очищает ее недостаточно? Неужели существуют расчеты, из которых следовало бы, что в этом районе целесообразно разместить столько заводов, что для их водоснабжения не хватит Ангары?

И еще одно. Я надеюсь, что появится возможность правильно оценить положение на языке цифр, которые скажут, целесообразно ли пытаться нагружать озеро Байкал промышленностью. Я уверен, что цифры покажут однозначно «нет», но уверенность — это еще не расчет. Так не лучше ли подождать до тех пор, пока задачу можно будет решить достаточно надежно? До тех пор, пока расчетная биоэкономическая програм-

ма ясно ответит на вопрос: как выгоднее поступить? Полезнее для общества создавать промышленность «на чистой воде» в этом районе или оставить его для отдыха и путешествий, а главное, сохранить чистую воду? Или совмещать и то и другое?

И еще один довод, он основан на многолетних наблюдениях. Представление об «отдельных», «единичных» и тому подобное предприятиях — а именно такими представлениями оперируют сторонники промышленного строительства в уникальных природных условиях — является несбыточным. Социально-экономические процессы в современном обществе таковы, что промышленные предприятия неизбежно «размножаются». Это не случайность и не результат чьей-то прихоти или произвольных решений. Это естественный ход развития: заводы не существуют в одиночку.

●

Может быть, ничто другое в мире не обнажает с такой очевидностью необходимость единства людей на Земле, как надвигающийся на нас кризис во взаимоотношениях с биосферой. Не может быть никаких сомнений в том, что каждый народ, каждое государство беспокоится прежде всего о своих ресурсах, о своей территории, о своих водах и о воздушном бассейне над своими землями.

Но сегодня этого уже недостаточно. Сама проблема существования человечества в биосфере глобальна, и решить ее в каких-то рамках, обозначенных границами государств на глобусе, невозможно. Примеров, подтверждающих, что это уже не только рассуждение, но и повседневная реальность, очень много. Сошлюсь только на один.

В Норвегии было обнаружено, что повысилась кислотность воды в озерах, находящихся в горных районах, где никаким промышленным загрязнениям неоткуда взяться. Стали искать причину, и она оказалась весьма прозаической. Воду в горных озерах подкислил все тот же сернистый ангидрид, принесенный дождем и снегом. Облака, пропитанные дымом заводов и электростанций, расположенных в промышленных районах Европы, переносят капельки серной кислоты на огромные расстояния, через любые границы.

Совершенно ясно, что теперь придется объединить усилия самым разным государствам, независимо от их общественного и политического строя. Именно таким подходом к делу характерно Соглашение о сотрудничестве в области охраны окружающей среды, заключенное в 1972 году между Советским Союзом и Соединенными Штатами Америки, — оно исходит из того (цитирую текст соглашения), что «экономическое и социальное развитие с учетом интересов будущих поколений требует охраны и улучшения окружающей человека среды уже в настоящее время».

* * *

Мы будем стремиться к тому, чтобы обе части нашего мира — его биосфера, существовавшая изначально, и техносфера, созданная человеком, смогли уживаться, дополняя друг друга. Их необходимо совместить, и сосуществование должно быть обязательно мирным, потому что в случае катастрофы потери обеих сторон оказались бы столь устрашающи, что неизвестно, удалось ли бы чему-нибудь уцелеть (биосфере или цивилизации — это уже не имеет особого значения, ибо второе есть все-таки часть первого).

Чтобы сосуществование стало мирным как можно скорее, в пределах того периода (не такого уж долгого), о котором идет у нас речь, недостаточно научных исследований, экономических обоснований, инженерных расчетов и единогласия биологов и технологов. Соображения глобальной экологии должны стать самоочевидными.

Для этого потребуется соответствующее воспитание человечества в целом. Знание законов сосуществования цивилизации с биосферой, представление о «биотехносфере» должно стать и, несомненно, станет само собой разумеющимся для каждого нового поколения. Экология, наука о взаимоотношениях живых организмов со средой, считает уже цитированный здесь П. Олдак, должна стать краеугольным камнем современной науки. Пришла пора формировать «экологическое мировоззрение». Пожалуй, мы уже начали выполнять эту задачу, и книге, журналу, газете принадлежит здесь ведущая, пионерская роль. До сих пор экология изучала существующее, сложившееся в ходе эволюции равнове-

сие в природе. Теперь она становится практической наукой, и ей предстоит найти всевозможные практические решения.

Путь к таким решениям не будет ни простым, ни легким, потому что многим странам, в первую очередь наиболее промышленно развитым и богатым, придется развернуть особые государственные программы по восстановлению того ущерба, который уже нанесен биосфере. Известно, например, что в США на очистку уже загрязненных водных источников потребуется сумма, достигающая, по некоторым оценкам, 500 миллиардов долларов — расходы поистине астрономические... И не исключено, что воплощение этих национальных и международных программ в жизнь потребует пересмотра других затрат и других проектов.

* * *

Международное сотрудничество в охране природы делает только первые шаги. Но уже пора думать о выборе общей дороги. Так же как для социального развития, здесь возможны два основных пути. Известный американский биохимик профессор Джордж Уолд писал несколько лет назад, что это как бы выбор между биологией и технологией.

Биологический путь — это эволюция, в ходе которой испробуются все возможные варианты развития и неудачные отмирают. Технологический путь — это точная формулировка цели и поиск единственного оптимального способа ее достижения. Профессор Уолд отдает предпочтение первому способу...

По-моему, согласиться с этим, когда речь идет о существовании человечества как биологического вида, нельзя. Нельзя хотя бы потому, что на пути естественной эволюции одна из двух дорог на каждой развилке ведет к гибели. Именно такую цену пришлось бы заплатить за ошибку в выборе. «Культура, если она развивается стихийно, а *не направляется сознательно*... оставляет после себя пустыню» — это понял еще К. Маркс. А сегодня не может быть сомнений в том, что, ясно осознав цель сохранения нашей планеты, мы обязаны предельно четко, насколько это в наших силах, рассчитать правильный путь для достижения этой цели.



* * *

Я отдаю себе отчет в том, что многие факты подвергают оптимизм в отношении будущего нашей Земли нелегкому испытанию. Есть очень грустное свидетельство этому. Два года назад в газетах было опубликовано сочинение школьницы из английского города Саутгемптона. Вот строки из него:

«Сегодня черный душный день. Он немногим отличается от других... Моя мать однажды сказала мне, что небо было голубым, но ведь поверишь, когда увидишь, а для меня небо черное или желтое. Я люблю его таким. Это более естественно.

В музее можно увидеть чучела, которые называют птицами. Говорят, они когда-то летали, но мне не верится, они кажутся слишком неуклюжими. Должно быть, они летали слишком медленно. Они так непохожи на самолеты и совсем бесполезны. Самолеты служат определенной цели, а кому нужны птицы?

Моя бабушка любила их. Она рассказывала мне, как они пели. Еще она любила цветы. Но мне больше нравится запах машинного масла. Он свежее. Машинное масло полезно. Оно приводит жизнь в движение...»

Немало в сегодняшнем мире причин, вызвавших этот не по годам трагический сарказм. Но в наших силах сделать, чтобы детская фантазия оставалась всегда такой, какой мы привыкли ее ощущать: светлой и радостной.

Вот другая публикация из газет. Человек в городе должен видеть небо, звезды, солнце — это заявление мэра Москвы. И в планах переустройства городов, и в проектах новостроек советские градостроители выводят заводы за пределы жилых кварталов, переводят транспорт под землю. Разрабатывается проект проветривания московских улиц — в городе должно легко дышаться. И уже существуют планы, по которым сады и парки потеснят улицы Москвы: они займут около пятой части всей площади столицы...

Все это совершенно закономерно, потому что забота о будущем — в самой основе общественного устройства нашей страны. «Не только мы, но и последующие поколения должны иметь возможность пользоваться всеми благами, которые дает прекрасная природа нашей Родины» — такой подход сформулирован на XXIV съезде КПСС Генеральным секретарем ЦК партии Леонидом Ильичом Брежневым.

Может быть, для осуществления этой задачи не менее важным средством, чем экономика или технология, будет воспитание. Воспитание в семье, в школе, на работе и в обществе. Формирование экологического мировоззрения, начиная с азов — от детского сада до университета. Это нелегкий и долгий процесс. Но предвижу, что поколение, рождающееся на пороге наступающего через четверть века 2000 года, будет считать совершенно невозможным уничтожение леса, отравление воздуха, порчу воды...

* * *

Небывалой громадности проблема возникла перед высшим порождением природы — человеком. Она несравнима ни с чем, что было на Земле раньше, и принципиально нова; повторим это, пусть тысячекратно. Даже люди, обладавшие немалым даром провидения, еще совсем недавно не замечали ее. Обдумывая то, что я должен сказать в этой статье, я захотел узнать, как представлял себе наше будущее сосуществование с природой планеты Земля фантаст и ученый Иван Антонович Ефремов.

В его книге о грядущих веках «Туманность Андромеды», где затронуты, казалось бы, буквально все проблемы общества будущего, я не нашел ответа

на свой вопрос! «Труд — счастье, как и непрестанная борьба (!) с природой», — больше ничего в романе не отыскалось. Только значительно позже Ефремов назвал одной из важнейших черт будущего не только расцвет биотехнологии, не только приспособление высокоразвитой цивилизации к живой природе, но и показал тот безнадежный тупик, в который ведет отказ от понимания этой необходимости, — гибель живого мира планеты Торманс.

Чья же обязанность сделать так, чтобы забота о нашем будущем на Земле овладела каждым? Как воспитать следующее поколение таким, чтобы оно не причинило вреда дому, в котором мы живем? Наверное, это в самую первую очередь обязанность доброго и рассудительного печатного слова.

И если к тому, что этот призыв раздается с печатных страниц, привела «мода» на обсуждение грозящих биосфере Земли опасностей, то я за такую моду. Пусть она не проходит до тех пор, пока над всей Землей не будет чистое небо.

СОДЕРЖАНИЕ

Статья академика Н Н. СЕМЕНОВА перепечатана из журнала «Наука и жизнь» № 10—11, 1972 г.

Заглянем в будущее. Сборник.

Редактор **В. Федченко**
Художники **А. Колли, И. Чураков**
Художественный редактор **Б. Федотов**
Технический редактор **Л. Никитина**
Корректоры **Т Пескова, Г. Василёва**

Сдано в набор 13/XI 1973 г. Подписано к печати 20/V 1974 г. А07703. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага № 1. Печ. л. 8 (усл. 13,44). Уч.-изд. л. 13,3. Тираж 100 000 экз. Цена 59 коп. Т П. 1974 г., № 107. Заказ 1979.

Типография издательства ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия». Адрес издательства и типографии: 103030, Москва, К-30, Сущевская, 21.

59 коп.

МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ

МОСКВА, 1974

В серии «ЭВРИКА»
выйдут в 1974 году

Н. Петрович, **Кто вы?**

Б. Сергеев, **Тайны памяти.**

Л. Растригин, **Этот случайный, случайный, случайный мир.**

Сборник **«Возраст познания».**

А. Кузин, **Когда миры соприкасаются.**

Л. Бобров, **Поговорим о демографии.**

И. Акимушкин, **Мир животных, т. IV.**

Ежегодник **«Эврика-74».**

Сборник **«Спутник сельской молодежи».**

Сборник **«Спутник молодого рабочего».**